

Versión Abierta Español – Portugués

de la

Revista Iberoamericana de Tecnologías del/da Aprendizaje/Aprendizagem

Una publicación de la Sociedad de Educación del IEEE (Capítulo Español)
Uma publicação da Sociedade de Educação do IEEE (Capítulo Espanhol)

SEP. 2014 VOL. 2 NÚMERO/NUMERO 3 (ISSN 2255-5706)

Estudio Comparativo de Herramientas de Apoyo a la Creación de Objetos de Aprendizaje

Citlali G. Nieves-Guerrero, Víctor H. Menéndez-Domínguez, Omar S. Gómez

***Title*— A Comparative Study of Supporting Tools for the Creation of Learning Objects**

***Abstract*— This paper presents an experiment that evaluates the usefulness, usability and time spent developing a learning object (LO) of two tools that support the creation of LO's (exe-Learning and Reload Editor). 21 professors from upper secondary educational institution from Mexico (CONALEP) were randomly assigned to each tool; performing same tasks under controlled conditions. By a small difference, results suggest that Reload Editor is significantly more useful than exe-Learning. Regarding time spent developing a LO, results suggest a significant difference of 33% in favor of Reload Editor. Finally, results suggest that both tools are perceived with the same level of usability.**

***Index Terms*—learning objects, authoring tools, utility, usability, experiment.**

I. Introducción

EN el contexto de la educación es evidente el impacto que tiene el uso de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC's). Cada vez más, las instituciones educativas involucran las TIC's como parte del proceso de enseñanza y aprendizaje (E-A), ya sea como un apoyo o complemento de las actividades o basando todo el proceso en ellas (e-Learning).

En el proceso E-A se involucran diversos recursos digitales que el profesor elabora o recupera de Internet para brindar a sus estudiantes las herramientas necesarias para su educación. Esos recursos en el ámbito del e-Learning son conocidos como objetos de aprendizaje (OA) y/o recursos digitales abiertos (RDA).

Si bien ambos conceptos son usados para definir recursos digitales educativos, los OA cuentan con características tecnológicas que hacen fácil su integración en una variedad de plataformas y situaciones. Además, las experiencias de creación y difusión de repositorios de objetos de aprendizaje han aumentado en los últimos años, incluso las aplicaciones para su elaboración han ido evolucionando. Existen diversas aplicaciones disponibles de forma gratuita o comercial para los profesores que deseen diseñar sus propios OA. Estas aplicaciones son llamadas Herramientas de Autor (HA) y permiten un trabajo multimedia y constructivista para generar un entorno de aprendizaje dinámico. Se pueden crear actividades o pequeñas aplicaciones desde la misma herramienta por parte del autor [1].

En general, se puede señalar que las HA son aplicaciones que mejoran las habilidades de los profesores en la construcción de recursos educativos, cursos digitales y objetos de aprendizaje, al ofrecerles una interfaz amigable y elementos predefinidos que facilitan la creación de materiales a través de trabajo basado en iconos, objetos y menús de opciones [2]. Sin embargo, algunas herramientas se basan en complicados estándares de diseño, además que la planificación del curso y las estrategias pedagógicas dificultan su implementación o simplemente no se contemplan en su arquitectura [3].

Diwakar y Patwardha [4], discuten lo difícil que resulta para los profesores seleccionar alguna herramienta de autor que cumpla con los criterios requeridos en su quehacer docente (diseño instruccional, calidad, personalización, entre algunos) y con un entorno que le sea amigable en su manejo, ya sea porque no tienen acceso a Internet o tiempo de realizar las búsquedas. Por el lado tecnológico analizan la dependencia de plataforma y las opciones de publicación, pero dejan de lado aspectos importantes como los formatos que se pueden importar y el soporte a metadatos. Los autores proponen, luego de un estudio comparativo de expertos, a Articulate [5] y Snap! by Lectora [6] empero tienen la principal limitante del costo.

Sin embargo, existen otras herramientas que proporcionan funcionalidades similares a éstas, pero con el beneficio de que son de libre distribución, como las propuestas en el presente trabajo.

Aplicando el paradigma experimental, en este trabajo se presenta un estudio comparativo donde se evalúa la utilidad, usabilidad y tiempo empleado en completar un objeto de aprendizaje de dos herramientas que apoyan la creación de objetos de aprendizaje: Exe-Learning [7] y Reload Editor [8]. Dos herramientas seleccionadas por sus características tecnológicas con la finalidad de apoyar a los profesores en la elección de las mismas.

En la sección 2 se describen los objetos de aprendizaje y las herramientas de apoyo a su creación. La sección 3 define el experimento en términos del problema con objetivo e hipótesis a demostrar. En la sección 4 se presenta el diseño del experimento definiendo tratamientos, sujetos, tareas, objetos y el proceso de ejecución. En la sección 5 se presenta el análisis e interpretación de los datos. En la sección 6 se presentan las limitaciones del estudio.

C. G. Nieves-Guerrero, es Docente en el Colegio de Educación Profesional Técnica del Estado de Yucatán, Plantel Tizimín. Km 2.5 carretera Tizimín-Buctzotz, C.P. 97700, Tizimín, México (e-mail: citlaligng@gmail.com,)

V. H. Menéndez-Domínguez, es Profesor Titular en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán. Periférico Norte, 13615, 97110, Mérida, México (mdoming@uady.mx).

O. S. Gómez, es Profesor Asociado en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán. Periférico Norte, 13615, 97110, Mérida, México (omar.gomez@uady.mx).

Finalmente la discusión y la conclusión son presentadas en la sección 7.

II. Estado del Arte

En el contexto de los objetos de aprendizaje, la reusabilidad consiste en ensamblar y usar el OA en distintos contextos de aprendizaje [9]. Requiere que los objetos de aprendizaje sean granularmente finos para que sea más fácil de reutilizar en otras lecciones o cursos, es decir, a menor tamaño del OA mayor su potencial de reciclado [10]. Pueden ser imágenes, archivos de audio o video, animaciones, etc., o una combinación de diferentes tipos de archivo que llegan a constituir una lección o curso completo.

Otro aspecto importante es la interoperabilidad, para que un objeto de aprendizaje sea interoperable debe usarse en una amplia variedad de hardware, software, sistemas operativos y navegadores web, independientemente de la herramienta con la que fue creado y la plataforma donde fue implementado inicialmente [11]. Esto se refiere a tomar un objeto creado para una solución e-learning y usarlo en otra sin perder sus características funcionales [9].

Si lo que se quiere es generar una estructura instruccional (conjuntos de assets o una agregación) que cumpla con el estándar SCORM [12], [13], se debe emplear herramientas de edición que sean compatibles con el estándar.

Existe un número importante de herramientas para la creación y edición de objetos de aprendizaje también conocidas como Herramientas de Autor (HA) o Sistemas de Autoría (SA). Esta situación hace que sea una tarea difícil seleccionar entre la mayoría de las herramientas la más apropiada para un profesor de acuerdo a los criterios que quiere cubrir en sus metas planteadas para una clase o curso (aspecto educativo).

Por otro lado, también debe analizar la interoperabilidad y reusabilidad (aspecto tecnológico), así como si es fácil de aprender y manejar (usabilidad). Esto presenta una dificultad aun mayor para el profesor, debido a que la mayoría de ellos cuenta con conocimientos tecnológicos básicos o en desarrollo, lo que limita su análisis en este aspecto.

Una herramienta de autor es una aplicación informática que permite la creación de sistemas digitales de aprendizaje cuyo contenido incluye texto, imágenes, ecuaciones en notación científica, audio, video y animación [3]. Los elementos que incorpora facilitan la construcción de aplicaciones sin necesidad de contar con conocimientos de programación [14].

Varias de las HA disponibles en la actualidad tienen funcionalidades específicas. Algunas herramientas pueden ser útiles en la creación de actividades de evaluación [15] tal como Lectora, Ardora, TestEditor, etc., mientras que otras son más apropiadas para la creación de contenidos de aprendizaje como Exe-Learning o Xerte [4]. Por el lado tecnológico, la herramienta de autor también debe permitir la interoperabilidad de los objetos creados con cualquier plataforma educativa y ser fácil de usar para el profesor.

Previo al presente trabajo se realizo una recopilación de herramientas para la creación y edición de objetos de aprendizaje y se investigaron sus especificaciones. Se consideró importante que las herramientas fueran de distribución libre. Se llevo a cabo una selección de estas herramientas para considerarlas como candidatos para el estudio y las que fueron tomadas en cuenta son: Ardora[16], Xerte[17], CourseLab[18], Reload Editor[8], Constructor Atenex[19] y exe-Learning[7]. Estas herramientas fueron filtradas utilizando los criterios que se muestran en la tabla I.

Derivado de este filtrado, se seleccionan las herramientas que mejor se apegan a los criterios enlistados (resultado "Si"), siendo estas: exe-Learning[7] con 20 puntos, Constructor Atenex[19], Reload Editor[8] y Xerte[17] con 17 puntos cada una.

Para el presente trabajo se ha propuesto analizar dos de las herramientas, siendo seleccionadas exe-Learning[7] por cumplir con el mayor número de criterios tecnológicos, y Reload Editor[8] que fue seleccionada sobre Constructor Atenex y Xerte por ser de fácil descarga e instalación, estar disponible en varios idiomas, presentar documentación de ayuda, por basarse en especificaciones de interoperabilidad en la tecnología de aprendizaje[21] y por ser promovido por ADL (Advanced Distributed Learning) principal desarrollador de SCORM [12], [13].

Para el aspecto tecnológico, en la tabla I se enlistan los criterios que consideramos esenciales al momento de seleccionar las herramientas. Interesa la independencia que permiten para que el objeto creado pueda ser usado en diferentes plataformas educativas o en diferentes sistemas operativos, el etiquetado de los objetos de aprendizaje a través de los metadatos, los diferentes formatos de archivos digitales que se pueden importar y exportar, las diversas funcionalidades (creación de contenidos, el uso de asistentes, creación de exámenes, etc.), y la manera de organizar la estructura interna del producto final.

TABLA I
ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Criterios	Reload Editor	Exe-Learning
Capacidad de Importar		
Imágenes	Si	Si
Videos	Si	Si
Audio	Si	Si
Animaciones	Si	Si
Presentaciones	Si	No
Páginas web	Si	No
Compatibilidad con Sistemas Operativos		
Windows	Si	Si
Machintosh	Si	Si
Linux	Si	Si
Soporte a Metadatos		
A-Automatizado /P-Personalizado	Si (P)	Si (P)
SCORM 1.2	Si	Si
SCORM 2004	No	No
Dublín Core	No	Si
IMS	Si	Si
Formatos para Exportar		
HTML (sitio/pagina independiente)	No	Si
Ejecutable multiplataforma	Si	Si
Word/ PDF	No	Si (PDF)
Windows EXE	No	No
Mac App	No	No
Paquetes SCORM	Si	Si
Paquete IMS	Si	Si
Funcionalidad		
Permite crear cuestionarios	No	Si
Ramificación Simple	Si	Si
Asistentes/ formularios	No	Si
Estructura Jerárquica	Si	Si

En el aspecto educativo interesa que permitan la creación de estructuras organizadas de contenidos ya sea para lección, cursos o un simple OA. Cabe mencionar que este aspecto es amplio y no es considerado dentro del alcance del presente experimento, pero en trabajos futuros se pueden incorporar criterios educativos para el análisis de las herramientas.

Por último y no menos importante, ambas herramientas son de libre distribución. Las actualizaciones y manuales se encuentran disponibles en la página principal de la herramienta, esto evita generar gastos por la adquisición de la aplicación y su posterior actualización.

A continuación se dan algunos detalles de sus funcionalidades y características particulares.

Exe-Learning es una HA de código abierto que apoya a los docentes en la creación y publicación de OA con los que puede estructurar sus contenidos, insertar otros recursos y exportar el trabajo para ser usado desde una plataforma educativa o bien desde alguna memoria portable USB.

Su principal ventaja es la sencillez en su manejo pues no requiere que se tenga grandes conocimientos informáticos [7],[20].

Es una herramienta que facilita el trabajo colaborativo al permitir el intercambio, modificación y mejora del contenido en un proyecto.

Reload Editor (Content Package and Metadata Editor) es una aplicación informática que define la estructura de un objeto de aprendizaje, asigna sus metadatos y empaqueta todo en un objeto SCORM [20]. Ésta proporciona soporte para IMS Metadata, IEEE LOM (Learning Object Metadata), IMS Content Packaging 1.1.4, SCORM 1.2, y SCORM 2004.

Por las características del software algunos lo consideran como solo un empaquetador de contenido y editor de Metadatos. Posibilita crear objetos nuevos según las necesidades del usuario. Crea una jerarquía entre los OA y empaqueta el contenido bajo el estándar SCORM [12], [13].

III. Definición del Experimento

A continuación se define el objetivo del experimento así como se plantean las hipótesis a contrastar.

A. *Objetivo*

El objetivo de este experimento se centra en analizar las herramientas de creación y edición de objetos de aprendizaje, Exe-Learning (EX) y Reload Editor (RE), con el propósito de evaluarlas con respecto a su utilidad, usabilidad y tiempo empleado en completar un objeto de aprendizaje. En este experimento se emplean como sujetos a profesores de diversas disciplinas de educación media superior del Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP) Plantel Tizimín, en México, que utilizan recursos digitales como apoyo al proceso de Enseñanza y Aprendizaje.

B. *Hipótesis*

Las hipótesis definidas para este experimento son:

- H_{0a}. No existe diferencia en la utilidad percibida entre las herramientas Exe-Learning (EX) y Reload Editor (RE).
- H_{0b}. No existe diferencia en la usabilidad percibida entre las herramientas EX y RE.
- H_{0c}. No existe diferencia en el tiempo empleado en completar un OA con las herramientas EX y RE.
- H_{1a}. Existe diferencia en la utilidad percibida entre las herramientas EX y RE.
- H_{1b}. Existe diferencia en la usabilidad percibida entre las herramientas EX y RE.
- H_{1c}. Existe diferencia en el tiempo empleado en completar un OA con las herramientas EX y RE.

IV. Diseño experimental

En este experimento se asignaron de manera aleatoria los sujetos a cada tratamiento (EX y RE). Esta asignación se realizó de acuerdo al orden de llegada al lugar de la aplicación del experimento. Para mantener las condiciones del experimento bajo control, los sujetos emplean los mismos materiales y realizan las mismas tareas con uno de los tratamientos asignados.

A. *Tratamientos y Variables Dependientes*

Este experimento se compone por un factor identificado como “Herramientas para la creación y edición de OA”. Este factor se compone de dos tratamientos: Exe-Learning (EX) y Reload Editor (RE). Las variables dependientes a examinar son: utilidad (UT), usabilidad (US) y tiempo empleado (TE) en completar un OA, tal como se muestra en la Fig. 1.

En este experimento, la utilidad percibida se define como el grado en que un sujeto cree que el uso de una herramienta de apoyo a la creación de objetos de aprendizaje le ayudará a mejorar su desempeño y eficacia en la construcción de un OA, es decir, la herramienta le es útil en la estructuración y diseño del contenido (a través de OAs) de acuerdo a sus necesidades educativas.

Por otra parte, la usabilidad percibida es definida como el grado en que un sujeto cree que el uso de una herramienta de apoyo a la creación de OAs estará libre de dificultad, es decir, le será más fácil de aprender y de usar para construir OAs. También considera que la herramienta proporciona una interfaz amigable y flexible cuyos elementos tales como: iconos, objetos y menús de opciones, permiten una interacción clara y entendible para hacer fácilmente lo que se quiere realizar.

La tercera variable a estudiar es el tiempo empleado en completar un objeto de aprendizaje. Esta variable se estudia con el fin de analizar si alguna de las dos herramientas (EX, RE) ayuda a reducir el tiempo requerido para completar un OA. Para recolectar esta variable, los sujetos registran la hora de inicio y fin de la actividad de desarrollo, haciendo referencia del reloj del computador asignado. La diferencia de tiempos es entonces usada para calcular esta variable

La encuesta aplicada para recabar la información consta de tres secciones: la primera sección trata de información general que sirve para crear un perfil de cada sujeto (estudios máximos, formación académica, antigüedad impartiendo clases, experiencia en el uso de alguna herramienta y la antigüedad en su uso). La segunda sección de esta encuesta trata sobre la utilidad y usabilidad percibida por los sujetos de las herramientas evaluadas (EX, RE). Esta

encuesta se basa en un cuestionario estándar del Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM) [22],[23], que consta de 12 preguntas (o reactivos) divididas en grupos de 6 preguntas para cada una de las variables (UT y US). Cada reactivo emplea una escala de Likert de 7 puntos donde 1 es "completamente en desacuerdo", 2 es "parcialmente en desacuerdo", 3 es "en muy poco desacuerdo", 4 es "neutral", 5 es "en muy poco de acuerdo", 6 es "parcialmente de acuerdo" y 7 es "completamente de acuerdo". La tercera sección de la encuesta recoge aspectos negativos y positivos percibidos por el profesor en el uso de las herramientas para la creación y edición de OA.

B. Sujetos

Para este experimento se emplearon 21 sujetos quienes son profesores pertenecientes al Bachillerato Tecnológico del CONALEP, Plantel Tizimín, en México. La mayoría de los integrantes cuenta con más de 10 años de experiencia docente. Las áreas de formación académica a las que pertenecen son: Ciencias Agropecuarias (2), Ciencias Sociales y Administración (6), Ciencias Naturales y Exactas (4), Ingeniería y Tecnología (7), así como Educación (2). El 57% sólo cuenta con estudios de licenciatura, el resto ha cursado alguna especialización o maestría. La mayoría (57%) de los sujetos cuenta con menos de 5 años de experiencia en el uso de alguna herramienta de apoyo a la creación y edición de OAs, y su conocimiento se encuentra en desarrollo. Todos cuentan con conocimiento en diseño instruccional y se encuentran en capacitación constante en temas de pedagogía que son relevantes para su institución.

C. Tareas

A los sujetos participantes se les pidió crear un objeto de aprendizaje de un tema de su conocimiento. Debido a que cada sujeto es experto en su área, se permitió que cada uno de ellos empleara los materiales (impreso o digital) con los que contaban de los temas que dominan. Además llevaron un curso de inducción de las herramientas empleadas. Ambos tratamientos (EX, RE) se conforman por las siguientes tareas (ver Fig. 2):

- Diseñar un objeto de aprendizaje, donde cada sujeto analiza las características de los usuarios finales del OA, elige la información pertinente para el tema a desarrollar, especifica los resultados de aprendizaje, enlista las actividades de evaluación y evidencias a recopilar del alumno. Con base a esto, el sujeto estructura y ordena los contenidos.
- Desarrollar el objeto de aprendizaje usando la herramienta asignada para estructurar el OA de acuerdo al diseño creado en la primera tarea. La estructura consta de introducción, resultados de aprendizaje, conocimiento previo, información en cualquier formato compatible con las herramientas, así como la actividad de evaluación.
- Responder la encuesta de Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM) [22],[23], donde se recaba información general de cada sujeto, el tiempo empleado en completar el OA y su opinión respecto de la herramienta que usó.

En cada tarea se trabajó de manera individual, teniendo como ayuda el Documento "Manual de apoyo", los recursos de sus materias y la asesoría del instructor. El grupo de sujetos trabajó en los computadores del laboratorio de informática de su centro de trabajo, donde previo al experimento se instalaron las herramientas a evaluar.

D. Objetos Experimentales

Los objetos experimentales empleados como apoyo durante el experimento se conforman por:

- Documento impreso identificado como "Manual de apoyo", donde se documenta el área de trabajo, las herramientas y operaciones básicas de cada una de las herramientas, así como donde conseguir el software y la manera de instalarlo.
- Carpeta digital, donde se almacenan los instaladores de las herramientas y complementos necesarios. También incluye recursos adicionales para llevar a cabo las prácticas.
- Documento impreso nombrado "Elaboración de objetos de aprendizaje", donde se detalla la secuencia de pasos para diseñar un objeto de aprendizaje de un tema que el sujeto imparta, y la estructura a desarrollar con la herramienta asignada. Se captura la hora de inicio y fin empleado en la creación del OA con la herramienta asignada.
- Documento impreso nombrado "Modelo de Aceptación de Tecnología" [22],[23], donde se aplica la encuesta sobre la utilidad y facilidad de uso de cada herramienta, y también se recaba información general de cada participante (Ver Apéndice A).
- Material educativo (impreso y/o digital) reunido por cada profesor durante su experiencia profesional docente frente a grupo.

E. Ejecución

Previo al experimento se realizó una fase de entrenamiento donde los sujetos recibieron un curso teórico-práctico de 12 horas presenciales sobre objetos de aprendizaje y sobre las herramientas de creación y edición de objetos de aprendizaje a evaluar. Esta fase se realizó con el fin de que los sujetos durante la ejecución del experimento apliquen bajo las mismas condiciones los tratamientos a examinar.

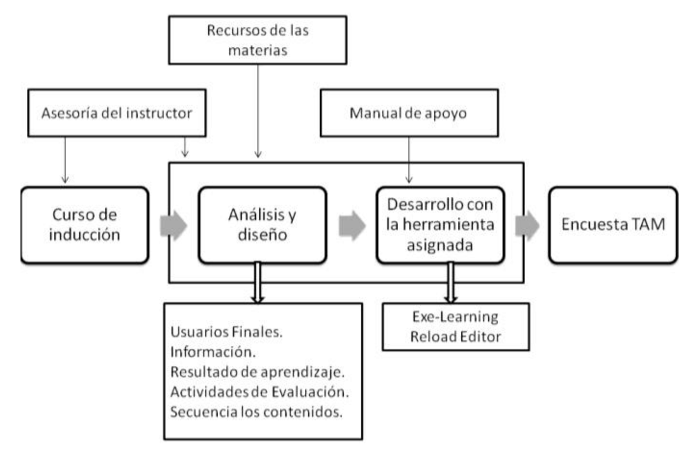


Fig. 1. Proceso de entrenamiento y ejecución del experimento.

Durante el entrenamiento se realizaron prácticas guiadas para la creación y edición de OA con cada una de las herramientas, para estas prácticas se contaba con recursos proporcionados por el instructor y un manual de apoyo con información de cada herramienta.

Una vez finalizado el entrenamiento, se llevó a cabo el experimento. Durante la fase de ejecución, se realizaron de manera individual las tareas de diseño y desarrollo de un OA, siendo en la tarea de desarrollo del objeto de aprendizaje donde se asignó de manera aleatoria una de las dos herramientas a cada sujeto. Se establecieron los elementos y estructura para cada OA y se solicitó a cada sujeto que llevara un registro de su tiempo. Cabe señalar que no se estableció un límite de tiempo para la realización de estas tareas.

Cada sujeto contaba con un manual de apoyo durante todo el proceso y podía solicitar asesoría del instructor. También proporcionó sus propios recursos (impresos y digitales) de las materias afines para las tareas.

Durante la asignación de las herramientas conforme a la llegada de los sujetos, algunos optaron en cambiar la herramienta asignada debido a su desconocimiento de la misma ya que por causas personales no asistieron al curso de inducción completo y no entrenaron con la herramienta asignada en primera instancia, por lo que las muestras recolectadas de cada herramienta difieren de tamaño.

Al concluir la última tarea, los sujetos contestaron de manera anónima una encuesta basada en el Modelo de Aceptación de Tecnología [22],[23] para registrar su opinión con respecto a la utilidad y usabilidad de cada herramienta.

En la Fig. 2 se muestra la organización del entrenamiento y ejecución del experimento.

V. ANÁLISIS

La Tabla II contiene a detalle las características estadísticas de la variable Utilidad (UT) y Usabilidad (US). Observando los resultados de las medias se observa que para la variable UT existe una aparente diferencia entre EX y RE. Por otra parte, en la variable US se observa una aparente diferencia entre EX y RE. No obstante como se observa en esta tabla existen valores extremos en ambas variables por lo que es necesario un análisis más detallado.

Como se observa en la Tabla II, la mediana no se ve afectada por valores extremos. Tomando como referencia la mediana, se observa una ligera diferencia entre EX y RE. No obstante, es necesario realizar una prueba estadística para determinar si esta diferencia es significativa.

Dado que las variables Utilidad y Usabilidad son de tipo ordinal (categorías con un orden de importancia), el test estadístico que mejor se ajusta a este tipo de variables, es un test estadístico no paramétrico.

El test de Wilcoxon [24] puede emplearse para el análisis de variables ordinales ya que emplea las medianas como medida de tendencia central.

Por el contrario para la variable Tiempo Empleado, puede emplearse una prueba estadística paramétrica ya que se emplea un tipo de variable de razón, el tiempo en minutos que conlleva desarrollar un OA. La Tabla III contiene a detalle las características estadísticas de la variable TE. Como se observa en esta tabla se aprecia una diferencia entre EX y RE, no obstante es necesario realizar una prueba estadística para determinar si la diferencia es significativa.

Cuando se usa alguna prueba paramétrica, se asume que las observaciones recolectadas están normalmente distribuidas. Una manera de evaluar este supuesto es a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov [25],[26] donde la hipótesis nula (H_0) indica que la distribución observada se ajusta a la distribución teórica y la hipótesis

TABLA III
INDICADORES ESTADÍSTICOS PARA UT Y US

Indicador estadístico	UT		US	
	EX	RE	EX	RE
Promedio	5.6410	6.3541	5.3717	5.1500
Desv. estándar	1.8793	1.1390	1.8453	1.6100
Moda	7	7	7	6
Mediana	6	7	6	6
Mínimo	1	3	1	1
Máximo	7	7	7	7

TABLA IV
INDICADORES ESTADÍSTICOS PARA TE

Indicador estadístico	EX	RE
Promedio	101	67
Desviación estándar	38.1728	27.7643
Moda	125	-
Mediana	90	66
Mínimo	40	29
Máximo	163	118
Media geométrica	93.7863	61.9265

TABLA II
PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE ACUERDO A LA VARIABLE UT

Pregunta	*W*	$\tilde{x}_{(EX)}$	$\tilde{x}_{(RE)}$	Valor *p*	Interpretación
1. Usar la herramienta me permite realizar las tareas con mayor rapidez	39	7	7	0.2996	Sin evidencia estadística para inferir que usando EX se realizan las tareas con mayor rapidez que usando RE.
2. Usar la herramienta mejora mi desempeño	30.5	6	7	**0.0811***	Ligera evidencia estadística a favor de RE
3. Usar la herramienta facilita la realización de mis actividades de trabajo	39.5	6	7	0.3334	Sin evidencia estadística para inferir que usando EX se facilita la realización de las actividades de trabajo que usando RE.
4. Usar la herramienta mejora mi eficacia en el trabajo	46	6	7	0.6641	Sin evidencia estadística para inferir que usando EX se mejora la eficiencia del trabajo que usando RE.
5. Interactuar con la interfaz de la herramienta aumenta mi productividad	50	6	6.5	0.9077	Sin evidencia estadística para inferir que la interfaz de EX aumenta la productividad que usando RE.
6. La herramienta me resulta útil en mi trabajo	38	6	7	0.2775	Sin evidencia estadística para inferir que EX resulta más útil que RE.
Resultados al combinar las preguntas	1,443.5	6	7	**0.0171***	Evidencia estadística significativa para inferir que EX resulta menos útil que RE.

TABLA V
PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE ACUERDO A LA VARIABLE US

Pregunta	W	$\tilde{x}_{(EX)}$	$\tilde{x}_{(RE)}$	Valor p	Interpretación
7. Me resulta fácil que la herramienta haga lo que quiero que realice	55	6	6	0.8518	Sin evidencia estadística para inferir que usando EX resulte más fácil de realizar lo que se quiere que usando RE
8. Mi interacción con la herramienta es clara y entendible	58.5	5	6	0.6557	Sin evidencia estadística para inferir que la interacción con EX es más clara y entendible que con RE.
9. Aprender a utilizar la herramienta me resultó fácil	59.5	6	6	0.6025	Sin evidencia estadística para inferir que aprender a usar EX es más fácil que RE.
10. Me resultó sencillo adquirir destreza en el uso de la herramienta	61	6	5.5	0.5288	Sin evidencia estadística para inferir que usando EX resulta sencillo adquirir destreza que usando RE.
11. Encuentro la herramienta fácil de usar	60	6	6	0.5727	Sin evidencia estadística para inferir que EX es más fácil de usar que RE.
12. Considero que la herramienta es flexible para interactuar con ella	60	7	5.5	0.5636	Sin evidencia estadística para inferir que EX es más flexible para interactuar que con RE.
Resultados al combinar las preguntas	2,107	6	6	0.2253	Sin evidencia estadística para inferir que EX es más fácil de usar que RE.

TABLA VI
PRUEBA ESTADÍSTICA PARA VARIABLE TE

var.	gl	t	$\tilde{x}_{(EX)}$	$\tilde{x}_{(RE)}$	Valor p	Interpretación
TE	18.3	2.3549	101	67	**0.0298***	El tiempo de completar un OA con RE es significativamente menor.

alternativa (H_1) indica que la distribución observada no se ajusta a la distribución teórica. Por tanto, valores *p* significativos (definiendo un valor α=0.05) indican un rechazo de la hipótesis nula en favor de la no normalidad. Por el contrario, valores *p* no significativos indican la aceptación de la hipótesis nula en favor de la normalidad.

Realizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov [25],[26] para evaluar la normalidad sobre la variable TE, se obtiene un valor *p* no significativo (en un nivel α=0.05) de 0.7934, por lo que se acepta la hipótesis nula en favor de la normalidad.

En la Tabla IV se presentan los resultados obtenidos tras aplicar la prueba Wilcoxon [24] con un valor fijo en α=0.05 en cada una de las preguntas de la variable UT.

Dados los resultados estadísticos, en cada pregunta se acepta la hipótesis nula (H_{0a}), es decir, se acepta que no existe diferencia significativa en la utilidad percibida entre las herramientas EX y RE. Cabe señalar que el valor *p* observado en la pregunta 2 es de 0.0811, por lo que relajando el valor α (0.05) podría existir una ligera ventaja a favor de RE.

Ya que las preguntas p1-p6 se relacionan con la utilidad, es posible combinarlas y examinar a nivel general ambos tratamientos. Al combinar las preguntas aumenta el número de observaciones por lo que se obtiene una mayor precisión. Al combinar las preguntas y realizar de nuevo la prueba de Wilcoxon [24] se obtiene una diferencia significativa a favor de RE.

Respecto a la variable US, en la Tabla V se presentan los resultados obtenidos tras aplicar la prueba Wilcoxon [24] a cada pregunta (definiendo un valor α=0.05). Como se observa en esta tabla, en cada pregunta se acepta la hipótesis nula (H_{0b}), es decir, se acepta que no existe diferencia significativa en la usabilidad percibida entre las herramientas EX y RE. Al combinar las preguntas afines a US (p7-p12) no se observa alguna diferencia significativa.

Referente a la variable TE, en la Tabla VI se presentan los resultados obtenidos tras aplicar la prueba estadística paramétrica t-student [27],[28], (definiendo un valor α=0.05).

De acuerdo a los resultados de la prueba t-student [27],[28], se rechaza la hipótesis nula (H_{0c}) a favor de la hipótesis alternativa, es decir, se acepta una diferencia significativa entre EX y RE con respecto al tiempo empleado en completar un OA.

En el apéndice A de este documento así como en la url https://sites.google.com/site/herramientasha/anexos/anexos.pdf se encuentra más información sobre las respuestas proporcionadas por cada sujeto.

VI. Limitaciones del Estudio

Cualquier experimento se enfrenta a ciertas limitaciones y amenazas de validez que se deben tener en cuenta a fin de comprender en qué medida los resultados son válidos y en qué medida pueden ser usados. A continuación se describen las estrategias llevadas a cabo para minimizar las amenazas a la validez de acuerdo a la clasificación de Cook y Campbell [29].

A. Validez de Conclusión Estadística

La prueba estadística empleada para las variables de tipo subjetivo fue la prueba no paramétrica de Wilcoxon [24] y para la variable de tipo objetivo se aplicó la prueba paramétrica t-student [27][28], ambas son acordes para las mediciones obtenidas en cada una de las variables lo que aumenta la probabilidad de observar un efecto que realmente exista.

Se cuidó que durante el experimento no se interrumpiera al grupo con cuestiones ajenas al mismo.

El error de varianza que pudiera ser ocasionado por las mediciones que no interactúan con el tratamiento sino con los resultados del experimento se corrige utilizando un diseño intra-sujeto.

B. Validez Interna

El experimento completo se llevó a cabo en una sola tarde de manera continua siendo corto el tiempo empleado, lo que

evita la fatiga en los sujetos y distracciones e interrupciones del experimento.

Todos los sujetos estaban familiarizados con la tarea de análisis y diseño, y para la tarea de desarrollo de objetos de aprendizaje se les dio un curso introductorio a ambos tratamientos donde practicaron de manera individual con cada una de las herramientas de autor, lo cual evitó en gran medida el desconocimiento del tratamiento.

Se realizó una invitación abierta a los docentes de la institución que estuvieran interesados en participar de manera voluntaria.

Los instrumentos fueron revisados y se aplicó el mismo para todos los sujetos con el fin de que los resultados observados puedan ser comparables. La asignación de tratamientos fue aleatoria, no obstante en algunos casos el sujeto desconocía la herramienta asignada por faltar al curso introductorio. En esta situación fue necesario cambiar la asignación al sujeto.

C. Validez de Constructo

Se midieron las variables UT y US usando la escala Likert que es una medida subjetiva. Para aumentar la objetividad de la evaluación se asignó aleatoriamente un solo tratamiento a cada sujeto. La variable TE no presenta amenaza al ser su medición objetiva.

D. Validez Externa

Los sujetos se inscribieron de manera voluntaria pero se observó que algunos sujetos estuvieron apáticos y mostraron poco interés. Algunos tenían prisa por retirarse o no estaban atentos a las instrucciones. De manera general, los integrantes del grupo tienen los mismos perfiles y completaron en su totalidad el experimento.

El experimento se realizó durante la semana de capacitación de los sujetos en su centro laboral en el turno vespertino, teniendo la misma hora de inicio y difiriendo en la hora de fin debido al ritmo de trabajo aplicado por cada sujeto.

De manera conservadora, los resultados del análisis pueden extenderse a otros sujetos de bachillerato presencial que usen las herramientas de autor como apoyo en el proceso de E-A, es decir, los resultados pueden generalizarse a otros sujetos con características similares a los sujetos empleados en este experimento.

VII. Discusión y Conclusiones

De manera general, los resultados de la prueba de Wilcoxon [24] para la variable Utilidad sugieren una diferencia significativa, aunque es pequeña esta diferencia, los docentes de bachillerato tecnológico encontraron de mayor utilidad la herramienta RE para construir un objeto de aprendizaje.

Respecto a la variable Usabilidad, los resultados sugieren que ambas herramientas son igualmente aceptadas por la facilidad de uso en la generación de un OA que sirva de apoyo al proceso de E-A.

En relación al tiempo para completar un objeto de aprendizaje, se observa que la herramienta RE es 33% más rápida para completar un OA que EX.

Examinando el perfil de los sujetos participantes, se observa que el 71% apenas empieza a usar alguna herramienta para la creación y edición de OAs como apoyo en su labor docente, debido en parte a que comentan tener dificultad con el uso de las TIC's.

Esta situación parece reflejarse en los resultados de este experimento, ya que los sujetos aceptan ambas herramientas porque todavía no han explorado a detalle el aspecto tecnológico que también repercute en la utilidad de las herramientas y es fundamental a la hora de seleccionarlas, pues posibilita la compatibilidad con las plataformas educativas y repositorios en caso de requerir implementar los OA en cursos en línea o mixtos.

Un aspecto relevante de ambas herramientas es la posibilidad de generar objetos de aprendizaje conformes con la especificación SCORM [12],[13], lo que garantiza la interoperabilidad y la reutilización de los recursos generados en alguna de las dos herramientas.

Como trabajo futuro se pretende replicar el experimento con docentes de bachillerato quienes suelen trabajar en modalidades de aprendizaje no convencionales (cursos en línea). Esto supone que los docentes están en mayor contacto con el uso de herramientas de autor y por ende saben de las necesidades tecnológicas que deben cubrirse para su instalación y la correcta exportación de los objetos de aprendizaje generados.

Apéndices

A. Tabla de resultados de la encuesta.

	Utilidad	
	Exe-Learning	Reload Editor
P1	7, 2, 3, 7, 1, 6, 7, 5, 7, 7, 7, 5, 7	7, 7, 7, 7, 7, 7, 3, 6
P2	7, 3, 4, 7, 1, 6, 7, 6, 6, 7, 7, 5, 7	7, 7, 7, 7, 7, 7, 5, 7
P3	7, 3, 4, 7, 1, 6, 7, 6, 6, 7, 7, 6, 7	7, 5, 7, 7, 7, 7, 3, 7
P4	6, 5, 5, 7, 1, 6, 7, 6, 7, 7, 7, 6, 7	7, 6, 5, 7, 7, 7, 4, 7
P5	6, 2, 3, 7, 1, 6, 7, 6, 7, 7, 7, 6, 7	7, 5, 5, 7, 7, 7, 5, 6
P6	7, 3, 4, 7, 1, 6, 7, 6, 6, 7, 7, 5, 7	7, 4, 7, 7, 7, 7, 5, 7

	Usabilidad	
	Exe-Learning	Reload Editor
P7	6, 3, 2, 7, 1, 6, 7, 4, 6, 7, 7, 5, 7	6, 4, 5, 7, 7, 6, 1, 6
P8	7, 5, 4, 7, 1, 6, 7, 4, 5, 7, 4, 4, 7	6, 3, 4, 6, 7, 6, 3, 6
P9	7, 3, 4, 7, 1, 6, 6, 5, 7, 7, 4, 4, 7	6, 2, 4, 6, 7, 6, 3, 6
P10	7, 4, 4, 7, 1, 6, 6, 5, 6, 7, 4, 5, 7	3, 2, 5, 6, 7, 6, 4, 6
P11	7, 3, 5, 7, 1, 6, 7, 5, 6, 7, 7, 5, 7	6, 4, 4, 6, 7, 6, 4, 7
P12	7, 3, 4, 7, 1, 6, 7, 5, 7, 7, 7, 5, 7	5, 3, 5, 7, 7, 6, 1, 7

	Tiempo empleado	
	Exe-Learning	Reload Editor
TE (Min)	60, 84, 80, 90, 72, 65, 40, 133, 125, 151, 163, 125, 125	29, 90, 71, 43, 53, 62, 70, 118

REFERENCIAS

[1] Programa Integración de Tecnologías a la docencia, "Herramientas de Autor." [Online]. Available: http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/course/view.php?id=654. [Acceso: 11-Feb-2013].

[2] Centro Aragonés de Tecnologías para la Educación, "Herramientas de Autor." [Online]. Available: http://www.catedu.es/webcatedu/index.php/descargas/herramientas-de-autor. [Acceso: 11-Feb-2013].

[3] I. Ryane, M. Khalidi, and S. Bennani, "A proposition of an authoring tool , for pedagogical scripting , adapted to teachers," Int. J. Eng. Sci. Technol., vol. 3, no. 12, pp. 8226–8237, 2011.

[4] A. Diwakar, M. Patwardhan, and S. Murthy, "Pedagogical Analysis of Content Authoring Tools for Engineering Curriculum," in 2012 IEEE Fourth International Conference on Technology for Education, 2012, pp. 83–89.

[5] "Articulate - E-Learning Software and Authoring Tools." [Online]. Available: http://www.articulate.com/. [Acceso: 08-Mar-2013].

[6] "Snap! by Lectora." [Online]. Available: http://rapid-e-learning.lectora.com/. [Acceso: 08-Mar-2013].

[7] "eXe-Learning." [Online]. Available: http://exelearning.net/. [Acceso: 08-Mar-2013].

[8] "RELOAD, Reusable eLearning Object Authoring & Delivery." [Online]. Available: http://www.reload.ac.uk/background.html. [Acceso: 08-Mar-2013].

[9] V. Menéndez, M. Castellanos, and S. Pech, "Fomento de la innovación y flexibilidad en desarrollo de objetos de aprendizaje. La plataforma AGORA," Redalyc Apert., vol. 3, no. 1, p. 22, 2011.

[10] S. Mat, N. Yusof, and S. Mohd, "Creating Granular Learning Object Towards Reusability of Learning Object In E-learning Context," in International Conference on Electrical Engineering and Informatics, 2011, no. July, pp. G3–5.

[11] Advanced Distributed Learning, "SCORM Users Guide for Instructional Designers," Best Practices Guide for Instructional Designers, 2011. [Online]. Available: www.adlnet.gov/wp-content/uploads/2011/12/SCORM_Users_Guide_for_ISDs.pdf. [Acceso: 12-Jan-2013].

[12] P. Dodds, "The SCORM Overview," 2001. [Online]. Available: http://www.adlnet.org/. [Acceso: 27-Jan-2013].

[13] P. Dodds, "The SCORM Content Aggregation Model," 2001. [Online]. Available: http://adlnet.org/. [Acceso: 27-Jan-2013].

[14] V. Menéndez and M. Castellanos, "La Calidad en los Sistemas de Gestión del Aprendizaje," Abstr. Appl. UADY, vol. 4, pp. 9–25, 2011.

[15] S. Sanz, J. Vadillo, and J. Gutiérrez, "Una Revisión de Herramientas Asistidas por Ordenador para la Evaluación del Conocimiento," IEEE-RITA Rev. Iberoam. Tecnol. del Aprendiz., vol. 3, no. 2, pp. 77–86, 2008.

[16] José Manuel Bouzán Matanza, "Ardora 6 creación de contenidos escolares para la web," webardora.net. [Online]. Available: http://webardora.net/index_cas.htm. [Acceso: 20-Feb-2013].

[17] "Learning Technology: The Xerte Project," The University of Nottingham. [Online]. Available: http://www.nottingham.ac.uk/xerte/index.aspx. [Acceso: 15-Feb-2013].

[18] "CourseLab," WebSoft Ltd., Russia. [Online]. Available: http://www.courselab.com/view_doc.html?mode=home. [Acceso: 15-Feb-2013].

[19] "Constructor: La Herramienta para Crear Contenidos Educativos Digitales," Consejería de Educación - Gobierno de Extremadura. [Online]. Available: http://constructor.educarex.es/index.php. [Acceso: 15-Feb-2013].

[20] A. M. Ojea, "Free software tools for the authoring of SCORM learning objects," Int. Conf. Technol. Train. Commun., vol. 361, 2007.

[21] University of Bolton and University of Strathclyde., "Reload Editor." [Online]. Available: http://www.reload.ac.uk/. [Acceso: 12-Feb-2013].

[22] F. Davis, R. Bagozi, and P. Warshaw, "User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of to Theoretical Models," Manage. Sci., vol. 35, no. 8, pp. 982–1003, 1989.

[23] V. Menéndez-Domínguez, E. Castellanos, A. Zapata, and E. Prieto, "Generación de objetos de aprendizaje empleando un enfoque asistido," Pixel-Bit. Rev. Medios y Educ., no. 38, pp. 141–153, 2010.

[24] F. Wilcoxon, "Individual Comparisons by Ranking Methods," Biometrics Bull., vol. 1, no. 6, pp. 80–83, 1945.

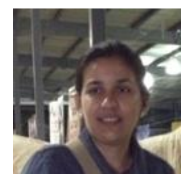
[25] A. N. Kolmogorov, "Sulla Determinazione Empirica di una Legge di Distribuzione," G. dell'Istituto Ital. degli Attuari, vol. 4, pp. 83–91, 1933.

[26] N. Smirnov, "Table for Estimating the Goodness of Fit of Empirical Distributions," Ann. Math. Stat., vol. 19, no. 2, pp. 279–281, 1948.

[27] R. A. Fisher, "Applications of 'Student's' Distribution," Metron, vol. 5, pp. 3–17, 1925.

[28] Student, "The Probable Error of a Mean," Biometrika, vol. 6, no. 1, pp. 1–25, 1908.

[29] F. Aliaga, "Validez de la Investigación causal. Tipologías y evolución.," Bordón, vol. 52, no. 3, pp. 301–321, 2000.



Citlali Guadalupe Nieves Guerrero es Licenciada en Ciencias de la Computación por la Universidad Autónoma de Yucatán y cuenta con una Especialización en Competencias Docentes por la Universidad Pedagógica Nacional (ambas de México). Actualmente se encuentra cursando la Maestría en Ciencias de la Computación de la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Es docente en el Colegio de Educación Profesional Técnica del Estado de Yucatán, Plantel Tizimín. Su trabajo de investigación se centra en temas relacionados con Objetos de Aprendizaje, Composición y Sistemas de Recomendación para la Educación a distancia.



Víctor Hugo Menéndez Domínguez es Doctor en Tecnologías Informáticas Avanzadas por la Universidad de Castilla-La Mancha, España. Es Profesor Titular en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Su trabajo de investigación se centra en temas relacionados con la Educación a distancia, la representación del conocimiento y la gestión de Objetos de Aprendizaje.



Omar S. Gómez es Doctor en Software en Sistemas por la Universidad Politécnica de Madrid (España). Actualmente es profesor asociado en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Su trabajo de investigación se centra en la experimentación en Ingeniería Software así como en temas relacionados con la calidad del software y el diseño de software.

REV2014 - Sessão Especial sobre Ensino Experimental baseado em Laboratórios Remotos e Virtuais

Juarez Bento da Silva, *Member, IEEE*, Marta Adriana da Silva Cristiano

A presente edição da Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje (RITA) contém uma seleção de artigos que foram apresentados na Special Track on Experimental Teaching based on Remote and Virtual Labs realizada durante a 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2014) Remota e Instrumentação Virtual), realizada celebrado no mês de fevereiro de 2014 na cidade do Porto em Portugal.

A Conferência Internacional em Engenharia Remota e Instrumentação Virtual, REV2014, é de caráter anual, que pretende ser um fórum onde os especialistas e investigadores de universidades, centros de investigação e empresas podem reunir os resultados de seu trabalho, trocar ideias e formar consórcios com o qual poderá realizar projetos futuros com maior eficiência e impacto.

A REV 2014 foi o décimo primeiro de uma série de eventos anuais relacionados à instrumentação remota e virtual para as áreas das engenharias. As conferências REV são as conferências anuais promovidas pela Association of Online Engineering (IAOE). O objetivo geral da REV é demonstrar e discutir fundamentos, aplicações e experiências na área da engenharia remota e da instrumentação virtual. Por via da globalização da educação, o interesse e as necessidades associadas aos serviços online, ao tele trabalho, e aos ambientes de trabalho colaborativo têm vindo a crescer rapidamente. Um outro objetivo deste simpósio centra-se assim na discussão de linhas orientadoras para estas áreas, ao nível do ensino.

A Special Track on Experimental Teaching based on Remote and Virtual Labs realizada, em duas sessões, durante a REV2014 buscou apresentar trabalhos que viessem a apresentar experiências baseadas em laboratórios remotos e virtuais dentro do ensino básico e secundário, a fim de discutir e demonstrar as práticas ou técnicas propostas pelos grupos em diferentes realidades. Dentre os resultados esperados buscou-se expor pontos positivos e negativos para potenciais disseminações de projetos com semelhantes contextos. Assim, o objetivo da Sessão Especial foi o de proporcionar um ambiente para discussão e reflexão referente a integração das Tecnologias de Informação e da Comunicação (TICs) na Educação Básica e Secundária e sua pedagogia. As áreas temáticas que foram utilizadas para organizar as contribuições da Sessão Especial foram: Aplicação dos Mundos virtuais 3D no ensino e na aprendizagem, Espaços virtuais de ensino e de aprendizagem: design e arquitetura, Aplicações de dispositivos móveis na educação, TIC e ferramentas educacionais

para pessoas com necessidades educativas especiais, Aplicações de Laboratórios remotos e virtuais na educação, Integração das TICs na educação, Técnicas e metodologias inseridas na didática e Impactos e resultados de aplicações experimentais.

No âmbito Special Track on Experimental Teaching based on Remote and Virtual Labs e de comum acordo com o General Chair da REV2014 decidiu-se que se procederia a seleção de cinco trabalhos, a serem propostos para apreciação e possível publicação na VAEP-RITA.

Assim cinco artigos apresentados nesta edição, foram selecionados aqueles que receberam as classificações mais altas por parte dos revisores, tanto no processo geral de revisão como no processo de defesas das sessões da Conferência. O primeiro, escrito por Kryscia Ramírez-Benavides e Luis A. Guerrero, da Universidad da Costa Rica (UCR) intitulado "MODEBOTS: Entorno de programación de robots para niños con edades entre 4-6 años" teve como objetivo geral descrever um protótipo que implementa um ambiente de programação de robôs utilizando dispositivos móveis, para crianças da primeira infância, entre 4 e 6 anos de idade. O documento procura ressaltar a importância da programação como ferramenta para refletir sobre o pensamento e o desenvolvimento de um conjunto abrangente de capacidades interligadas como problema comum, trabalho em equipe, persistência e outras habilidades, usando os computadores para ajudar as crianças a aprender e criar conhecimento ativamente. A aplicação prática da pesquisa consiste na criação de um ambiente de programação para dispositivos móveis LEGO-MINDSTORMS-NXT v2.0 para ensinar pré-escolares a programar mesmo antes de ter aprendido a ler, a fim de alcançar o desenvolvimento do pensamento lógico e abstrato.

O segundo artigo selecionado foi escrito por Sergio López, Antonio Carpeño e Jesús Arriaga vinculados a Universidad Politécnica de Madrid (UPM). O documento intitulado "Laboratório Remoto eLab3D, um Recurso Complementario en la Formación del Ingeniero" (eLab3D) descreve um laboratório remoto de eletrônica baseado em um hardware configurável e mundo virtual 3D, que permite aos alunos realizar experimentos reais com circuitos elétricos analógicos. O objetivo do artigo é fornecer uma análise SWOT sobre laboratórios remotos a partir de publicações recentes e apresentar alguns resultados relevantes do uso do eLab3D em contextos educativos reais, em relação aos professores avaliando seu potencial e a satisfação percebida nos estudantes.

O terceiro artigo intitulado "Tic@ula: Diseño de una herramienta tecnológica para fortalecer la alfabetización de niños con capacidades intelectuales diferentes" foi escrito e apresentado por Janio Jadán-Guerrero e Luiz A. Guerrero vinculados a Universidad de Costa Rica. No documento os autores iniciam com uma descrição do problema e em seguida buscam descrever os resultados de uma pesquisa exploratória realizada a Universidad de Costa Rica, com a finalidade de detectar iniciativas no âmbito da alfabetização. Posteriormente a apresentam uma metodologia para selecionar um método de alfabetização utilizado em crianças com capacidades intelectuais diferentes. Os autores detalham a arquitetura do Tic@ula e apresentam um estudo de caso.

O quarto artigo foi escrito por Salaheddin Odeh, Mahasen Anabtawi, Labib Arafeh, Mahran Jazi e Mahmoud Arekat da Faculdade de Engenharia da Universidade de Al-Quds de Jerusalém na Palestina, Joaquim Alves e Gustavo Ribeiro Alves do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Porto, Portugal e Ingvar Gustavsson vinculado ao

do Instituto de Tecnologia de Blekinge na Suécia. No documento os autores buscam descrever um estudo empírico onde apresentam a avaliação da flexibilidade de aplicação do laboratório remoto em engenharia VISIR na faculdade de engenharia na Universidade de Al-Quds em Jerusalém, Palestina onde também buscam avaliar a aceitação desta tecnologia, pelos estudantes, quando em interação com os laboratórios tradicionais.

O quinto artigo, intitulado "Ambiente Virtual de Aprendizagem para o Estudo da Descoberta do Elétron" é de autoria de Eduardo Kojy Takahashi, Dayane Carvalho Cardoso, Hermes Gustavo Neri, Rener Martins Moura, Rubens Gedraite, Adilmar Coelho Dantas, da Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, Maycon Junio Pereira Pacheco, da Escola Estadual Ederlindo Lannes Bernardes, Uberlândia, e Pedro Henrique Borges da Escola Estadual Lourdes de Carvalho, Uberlândia, Brasil. O documento descreve a construção de um sistema para acessar e controlar remotamente um experimento didático para determinar a relação carga-massa do elétron e também do desenvolvimento de um ambiente virtual de aprendizagem (AVA), no qual o experimento remoto está inserido. A construção do experimento está inspirada no modelo utilizado por Joseph John Thomson, em 1897, o que resultou na descoberta do elétron. O experimento remoto pode ser acessado através da internet por um computador pessoal ou por dispositivos móveis com o sistema operacional Android. Os resultados de uma determinação experimental e remoto r a relação carga-massa do elétron são apresentados, assim como uma análise de usabilidade VLE.

AGRADECIMENTOS

Em primeira instância gostaria de agradecer a toda a equipe do Laboratório de Experimentação Remota (RExLab), da Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, e em especial ao Prof. João Bosco Alves mentor e seu fundador, que vem nos motivando desde 1996 a desenvolver e disponibilizar ferramentas de baixo custo que incentivem a integração de tecnologias no ensino e na aprendizagem. Também gostaríamos de transmitir a nossa sincera gratidão aos Comitês Organizadores da 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2014), bem como os revisores e autores que participaram da mesma, uma vez que seu trabalho possibilitou que o evento pudesse ser realizado. Finalmente gostaria de aproveitar esta oportunidade para incentivar os leitores a participar das próximas edições da REV - Remote Engineering & Virtual Instrumentation (http://www.rev-conference.org/).



Juarez Bento da Silva ((IEEE Member nº 91214064) possui graduação em Administração de Empresas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1991), mestrado em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (2002) e doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento pela Universidade Federal de Santa Catarina (2007). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina e coordenador do Remote Experimentation Lab (RExLab).



Marta Adriana da Silva Cristiano é Doutoranda em Engenharia e Gestão do Conhecimento - UFSC/EGC (2013), Mestre em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (2003) e Pós-Graduada (Especialização) em Educação Inclusiva pela UCB- RJ (2006). Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade do Sul de Santa Catarina (2001). Atualmente é Pesquisadora do Laboratório de Experimentação Remota (RExLab).

Avaliação em Duas Fases do Laboratório Remoto em Engenharia, VISIR, na Universidade Al-Quds da Palestina

Salaheddin Odeh, Joaquim Alves, Gustavo Ribeiro Alves, Mahasen Anabtawi, Ingvar Gustavsson, Labib Arafeh, Mahran Jazi and Mahmoud Arekat

Título—**A Two-Stage Assessment of the Remote Engineering Lab VISIR at Al-Quds University in Palestine.**

Abstract—**Os laboratórios de ciência e engenharia desempenham um papel fundamental na demonstração de conceitos e princípios, bem como na melhoria das competências técnicas. Com a introdução de laboratórios remotos foi possível partilhar dispositivos, equipamento e instrumentação entre universidades. Mais, eles evitam restrições de tempo e espaço, sendo capazes de se adaptar ao ritmo próprio de cada estudante, no caso do tempo passado no laboratório não ter sido suficiente. Neste artigo é descrito um estudo empírico, dividido em duas fases de avaliação. Na primeira fase foi avaliada a flexibilidade de aplicação do laboratório remoto em engenharia VISIR na faculdade de engenharia na Universidade de Al-Quds em Jerusalém, Palestina. Durante esta fase foi ainda avaliada a aceitação desta tecnologia, pelos estudantes, quando em interação com os laboratórios tradicionais. Na segunda fase deste estudo, que decorrerá em 2014/15, será realizada uma aprofundada análise comparativa de forma a caracterizar o VISIR perante as restantes modalidades de laboratórios de engenharia, os práticos/presenciais e os de simulação. Estas três formas de laboratório são comparadas através de testes experimentais, tendo em atenção os critérios de avaliação definidos para os laboratórios de ensino de engenharia e de acordo com os objetivos fundamentais dos cursos, nomeadamente, as taxas de retenção e de satisfação dos estudantes, bem como do seu desempenho**

Palavras-chave—**Avaliação comparativa, critérios de projeto, instrumentos de inspeção, laboratório-remoto, VISIR.**

I. INTRODUÇÃO

A ENGENHARIA distingue-se de outros ramos da ciência principalmente pelo facto de ter uma perspetiva aplicada. Os engenheiros transformam o simples conhecimento em tecnologias úteis e reais, dedicadas ao bem-estar da espécie humana. A engenharia aproveita os recursos naturais, fundamentais e disponíveis para a criação de milhares de novos produtos, serviços e máquinas. Por um lado, os cursos são responsáveis pela preparação dos estudantes com a informação adequada para criar, melhorar, avaliar, desenvolver e criar; por outro lado, os laboratórios dão-lhes a oportunidade de praticar, implementar e aprender coisas que é assumido que os engenheiros já sabem. Os laboratórios fornecem aos estudantes uma melhor compreensão das teorias, e há uma ligação de muitos deles a um futuro emprego.

É evidente, através dos objetivos educacionais propostos pela ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), que os laboratórios desempenham um papel central na demostração de conceitos e princípios, potenciando as capacidades técnicas e de investigação, além de promoverem as competências sociais. A ABET é uma organização não lucrativa e não-governamental que faz acreditação de mais de 3300 programas disciplinares em ciências aplicadas, computação, engenharia e tecnologia, em cerca de 680 escolas e universidades, distribuídas por 24 países [1]. Aos estudantes de engenharia é requerida uma boa apreensão da teoria ensinada, pelo que a maioria dos cursos em educação de engenharia precisam de laboratórios [2][3].

As experiências laboratoriais fazem a ciência ganhar vida, representando o núcleo da aprendizagem de engenharia na forma como permitem aos estudantes uma melhor compreensão das teorias científicas. Os laboratórios podem ser divididos em três categorias: práticos (presenciais), virtuais e remotos. Os laboratórios presenciais, tradicionais, têm elevados custos associados, carecendo de espaço, de apoio técnico e de infraestruturas. Os laboratórios virtuais reproduzem com baixa precisão as experiências reais, devido às funções matemáticas de aproximação, aplicadas através de software de simulação, inviabilizando a sua utilização em sistemas que necessitem de grande exatidão.

Os laboratórios remotos permitem a partilha do mesmo equipamento com várias universidades, diminuindo as restrições temporais de utilização, adaptando-se melhor ao ritmo individual de cada estudante se o tempo no laboratório não for suficiente. Há ainda vantagens adicionais com a introdução de laboratórios remotos como complemento aos tradicionais laboratórios práticos [4]. Por exemplo: diminuem as restrições da localização geográfica, tornando-se independentes da localidade do estudante, permitem a partilha dos elevados custos de utilização de edifícios tradicionais; melhoram a qualidade da experiência ao

Salaheddin Odeh, Mahasen Anabtawi, Labib Arafeh, Mahran Jazi e Mahmoud Arekat são professores do Departamento de Engenharia de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade de Al-Quds, Abu Dies, Jerusalém, Palestina (e-mails: sodeh@eng.alquds.edu, manabtawi@eng.alquds.edu, larafeh@eng.alquds.edu, eng.mahranjazi@gmail.com e arekat.mahmoud@gmail.com.

Joaquim Alves e Gustavo Ribeiro Alves são professores dos Departamentos de Física e Engenharia Eletrotécnica, respetivamente, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Porto, Portugal (e-mails: jaa@isep.ipp.pt e gca@isep.ipp.pt).

Ingvar Gustavsson é professor do Instituto de Tecnologia de Blekinge, Blekinge, Suécia (e-mail: ingvar.gustavsson@bth.se).

permitirem todas as repetições necessárias para eliminar dúvidas nas medições; melhoram a eficácia através do treino; melhoram a segurança, na medida em que não existe o risco de falha catastrófica. Por outro lado, os laboratórios remotos não têm ninguém presente para ajudar o estudante na resolução de problemas com as experiências e também não permitem o treino com a instalação de equipamento. As fronteiras entre estas categorias estão de certa forma sobrepostas no sentido em que em praticamente todos os laboratórios são utilizados computadores e que a psicologia associada à presença física pode ser tão importante como a própria tecnologia [5].

Neste trabalho, o sistema de laboratório remoto VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality) [6] foi aplicado na Faculdade de Engenharia da Universidade de Al-Quds, na Palestina. VISIR é um laboratório remoto para projetar, conectar e fazer medições em circuitos eletrónicos. Com ele, o utilizador tem a possibilidade de aceder ao laboratório remotamente através da internet e de uma interface web, utilizando um qualquer web browser. O projeto foi lançado em final de 2006 pelo Departamento de Processamento de Sinal ASB do Instituto de Tecnologia de Blekinge (BTH), na Suécia, em parceria com a National Instruments, nos EUA, como fornecedora de instrumentos, e com a Axiom EduTECH, na Suécia. O projeto foi suportado financeiramente pela BTH e pela Agência Governamental Sueca para Sistemas de Inovação (VINNOVA).

É reconhecido que os laboratórios remotos são essencialmente de suporte e não de substituição dos laboratórios tradicionais das escolas. Ou seja, são um complemento aos tradicionais laboratórios práticos, permitindo o seu acesso aos estudantes fora das horas normais de aulas, de forma a estes melhorarem a sua aprendizagem dos conceitos e teoria [5]. Assim, esta contribuição reporta a experiência de aplicação do VISIR na Universidade de Al-Quds, apresentando os resultados da avaliação do seu desempenho. É mostrado o grau de satisfação da utilização do VISIR pelos estudantes da Faculdade de Engenharia da Universidade de Al-Quds, revelando as vantagens e desvantagens da sua aplicação. O procedimento de avaliação está organizado em duas fases.

Na primeira fase procura-se a confirmação de que o VISIR é efetivamente uma ferramenta complementar aos laboratórios tradicionais. Nesta fase, usou-se um questionário para avaliar a interação entre os estudantes e o VISIR, incluindo perguntas com o objetivo de medir os seguintes critérios de avaliação: utilidade e satisfação, sensação de realidade/imersão e utilidade. Logo, foi necessário escolher uma experiência adequadamente simples para o primeiro contacto entre os estudantes e o VISIR. Assim, e uma vez que o principal objetivo era avaliar a utilização do laboratório remoto e não o ensino de circuitos complexos, decidiu-se pela utilização da experiência do filtro RC que, além de teoricamente simples não utiliza muitos componentes. Outra razão para a utilização deste circuito prendeu-se com o facto dos estudantes previamente o terem estudado em profundidade, através de projetos e relatórios desenvolvidos nos laboratórios tradicionais. Desta forma seria mais simples para os estudantes a comparação entre sistemas de implementação de circuitos, sendo precisamente este o objetivo do nosso estudo. Durante os testes de utilização os estudantes responderam a questionários de pesquisa: uma parte respondida antes da experiência com o laboratório remoto; outra parte após a experiência com o VISIR.

Na segunda fase, que terá início do próximo ano letivo de 2014/2015, será realizado um estudo comparativo com um grupo de mais de 50 estudantes de engenharia eletrotécnica e de computadores. Para esta fase foi já selecionado um circuito eletrónico mais complexo, nomeadamente um circuito amplificador emissor comum, pretendendo-se medir tanto a frequência de corte inferior como a superior. O objetivo desta avaliação é descobrir os pontos fortes e fracos dos laboratórios remotos, aqui representados pelo VISIR, em comparação com os laboratórios tradicionais e de simulação, que servem como sistemas de referência: assim, é possível comparar e analisar os resultados obtidos, utilizando uma das técnicas de testes estatísticos disponíveis, tais como a análise de variância (ANOVA) ou o teste t de Student [7]. Uma vez que o número de indivíduos é superior a 30 e existem dois sistemas de referência, a escolha será a avaliação ANOVA, sendo mais adequada a este tipo de avaliações complexas. Em seguida, os dados brutos obtidos com o teste de utilização comparativa serão tratados e analisados estatisticamente usando SPSS [8]. Através desta avaliação comparativa é possível saber em que critérios o VISIR é superior ou inferior ao das outras duas abordagens. As três abordagens serão ainda comparados através de um ensaio experimental, tendo sido selecionados como critérios: taxas de retenção e de satisfação dos estudantes, bem como do seu desempenho.

II. Laboratórios Tradicionais, Virtuais e Remotos

A Engenharia é caracterizada pelo fato de ser considerada uma ciência aplicada. A maioria dos planos de estudo de engenharia contém um nível mínimo de horas de crédito atribuídas a experiências em laboratório. Os estudantes precisam realizar experiências a fim de melhor compreender a teoria, para colaborar e interagir eficientemente com os seus colegas e aprender a lidar eficazmente com equipamentos e instrumentos, que terão de um papel vital na sua pós graduação.

Duas características diferenciam os laboratórios tradicionais dos outros tipos [9]. Por um lado, na sala laboratorial é usado equipamento real, fisicamente e localmente conectado, por outro, os estudantes e o equipamento têm de estar presentes no local do laboratório. No entanto, devido a limitações de espaço e dinheiro muitos cursos de engenharia não podem proporcionar a sua componente prática usando os laboratórios tradicionais. Assim, a utilização de laboratórios virtuais (laboratório de simulação) e de laboratórios remotos tem aumentado rapidamente no ensino da engenharia.

Um laboratório virtual é uma simulação de software, em que é imitada uma experiência representada por um modelo matemático. Por outras palavras, os laboratórios virtuais imitam a prática; ou seja, em vez de realizar a experiência em equipamentos reais, os ensaios e possivelmente até mesmo os dados, são simulados num computador [10]. Infelizmente, isto enfraquece a referência dos estudantes à realidade e, assim, eles mais tarde não conseguirão trabalhar com os componentes e instrumentos em trabalho real. Além

disso, falta precisão na maioria de tais modelos matemáticos, que pode ser crítica em muitas experiências. No entanto, e mais recentemente, as tecnologias de aprendizagem mudaram significativamente o ambiente dos laboratórios. Usando texto, fotos, ilustrações e multimédia, podemos construir simulações de processos complexos de ciências biológicas e médicas, agricultura, engenharia e educação prática, que não são facilmente acessíveis na envolvência e em tempo real. Quando uma simulação substitui um sistema real, os laboratórios virtuais geralmente recorrem a software de simulação como MATLAB, LabVIEW ou outras aplicações. Os laboratórios virtuais permitem facilmente aos estudantes o acesso a aplicações de engenharia, como simulações, demonstrações ou exercícios, a qualquer hora e em qualquer lugar.

Os laboratórios remotos têm beneficiado muito das atuais tecnologias de e-learning e internet. Recentemente, muitas instituições académicas começaram a disponibilizar várias experiências laboratoriais remotas, designadas como Laboratórios Web ou Laboratórios Online. Estes laboratórios permitem experiências físicas, controladas remotamente [11]. Podem ser definidos como sendo: um laboratório acedido por uma rede de comunicações de forma a executar uma experiência laboratorial, usando equipamentos e dispositivos reais. Para isso existe um servidor que permite a comunicação entre o utilizador e a experiência física no laboratório [12]. Assim, este tipo de laboratório é adequado para cursos de ensino à distância, onde os estudantes não precisam de estar fisicamente presentes no campus. O elemento central de um laboratório remoto são os instrumentos, controlados por um computador pessoal. Estes instrumentos, normalmente muito caros, podem ser configurados remotamente, tornando fácil a sua partilha. Um laboratório remoto deve fornecer uma interface para enviar comandos e receber resposta dos equipamentos laboratoriais. Muitos métodos fornecem acesso remoto ao equipamento laboratorial, sendo que o método mais vulgar utiliza um browser web, como o Internet Explorer ou o Firefox. Normalmente, o acesso de cada utilizador é controlado por uma agenda específica.

III. Laboratório Remoto VISIR

A plataforma VISIR Open Lab, projetado no Departamento de Engenharia Eletrotécnica (AET) do Instituto de Tecnologia de Blekinge (BTH), Suécia, é uma arquitetura que, por acesso remoto, complementa e aumenta a acessibilidade e capacidade dos laboratórios práticos existentes. Uma única interface dá ao estudante uma sensação de estar num laboratório prático [13]. No entanto, alguns tipos de experiências laboratoriais são mais fáceis de configurar para acesso remoto do que outras. Até agora, a plataforma atual VISIR (4.1) oferece apenas suporte a laboratórios com experiências elétricas e experiências de vibração mecânicas.

A maioria dos instrumentos num laboratório de eletrónica tem a opção de controlo remoto, característica que uma placa de montagem (breadboard) não tem. Para criar uma bancada com acesso remoto é necessário um dispositivo que, remotamente, faça todas as ligações elétricas necessárias. Uma matriz de comutação, equipada com relés eletromecânicos pode servir como tal dispositivo [14]. A matriz de comutação para ligação remota de circuitos elétricos é apresentada na parte superior da imagem na Fig. 1. É a pilha de placas na parte superior do chassi PXI que contém os instrumentos.

A Plataforma VISIR tem sido descrita em muitos artigos [15]-[17], mas aqui é apenas pretendido ressaltar as suas partes mais importantes:

--Interface web: possibilita ao utilizador executar as mesmas ações como se estivesse num laboratório tradicional. A sua poderosa interface desenvolvida em Adobe Flash representa painéis frontais realistas dos equipamentos utilizados pelos estudantes para testar os circuitos desenvolvidos na breadboard virtual.

--Servidor de medição: atua como um instrutor virtual que controla os comandos enviados, através da interface web, para o servidor de equipamento, evitando algumas ligações perigosas no circuito e também para proteger os instrumentos. É programado por ficheiros 'max list' que contém os valores máximos de cada componente e ajustes permitidos para os instrumentos, para cada experiência, e descreve os circuitos permitidos na plataforma.

--Servidor do equipamento: a plataforma PXI ligada à matriz de relés de comutação, são controlados por este servidor escrito em LabVIEW. Ele recebe os comandos do servidor de medição sobre TC/PIP para serem executados nos instrumentos reais. Um ficheiro com a 'lista de componentes' é inserido no servidor de equipamento para definir os componentes instalados na matriz.

--A matriz de comutação: é a matriz especialmente desenvolvida para este laboratório remoto que executa as ligações entre os componentes e instrumentos que o utilizador tenha realizado na interface web.

A Fig. 2 representa graficamente o fluxo de trabalho numa sessão de prática VISIR: a interface web permite ao estudante criar o circuito de forma virtual através de uma web browser, enquanto ambos os servidores de medição e equipamento são responsáveis por tornar este circuito fisicamente real, através da matriz de comutação, e de fornecer ao utilizador as medições obtidas a partir do circuito criado anteriormente.

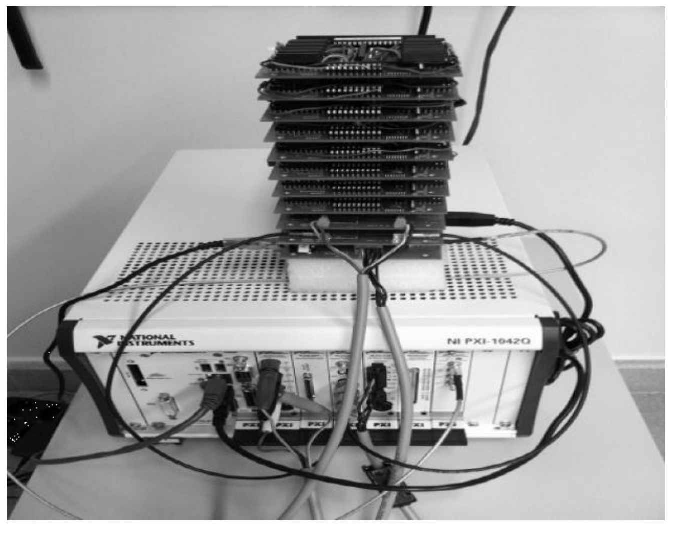


Fig. 1. Plataforma de hardware VISIR do Instituto Superior de Engenharia do Porto e da Universidade de Deusto.

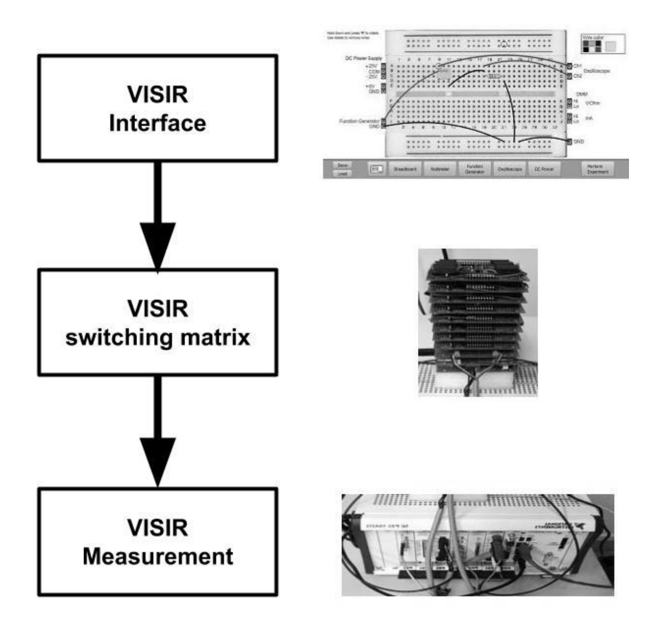


Fig. 2. Fluxo de trabalho de uma sessão prática com VISIR lab

IV. Resultados da Aplicação do VISIR

A. Aplicação do VISIR na Universidade Al-Quds

O VISIR está a ser utilizado na Faculdade de Engenharia da Universidade de Deusto, desde 2007, em diferentes cursos de engenharia: Telecomunicações, Informática, Tecnologias Industriais e Eletrónica. As disciplinas onde é atualmente utilizado VISIR são: Eletrónica Digital, Tecnologia de Computadores, Eletrónica Analógica, Circuitos e Física [18].

Um dos principais objetivos alcançados com a aplicação do VISIR na Universidade Al-Quds não é apenas a sua utilização em futuras experiências, como um recurso complementar à tradicional prática laboratorial, mas também estabelecer algum tipo de colaboração académica entre universidades, como por exemplo, através da partilha de dispositivos, equipamentos e instrumentação.

Depois dos primeiros contatos com os responsáveis pelo VISIR e de obter a sua aceitação para aceder e testar o VISIR remotamente, foi necessário decidir os circuitos a usar pelos estudantes durante o semestre. Como já referido, optou-se por uma experiência de filtro RC porque o principal objetivo é testar o laboratório VISIR e não testar circuitos complicados. Para preparar a sessão virtual para a experiência remota foram necessárias as seguintes etapas:

1) O docente teve que explicar aos estudantes como usar VISIR. Assim, foi necessário dar acesso ao instrutor a uma das experiências previamente preparada e configurada. Também pode ser prestada assistência através de um dos modernos serviços de voz suportados por IP, como o Skype.
2) Numa perspetiva do docente, um aspeto importante sobre o uso do VISIR é compreender o tipo de experiências que se pode fazer. Para isso, é importante saber quais os componentes que estão disponíveis na matriz, conforme mostrado na Fig. 2. Para o efeito, o responsável pelo desenvolvimento do VISIR preparou uma função simples que permite que seja descarregado o ficheiro com a lista de componentes e a indicação do número máximo de componentes permitido.
3) O docente teve que familiarizar-se com o sistema, lendo o manual dos professores e o manual de matriz VISIR.
4) O Administrador do VISIR preparou um curso virtual que foi, no caso deste projeto, intitulado "Collaboration Al-Quds". Um docente teve que ser adicionado a este curso. Logo que ativou sua conta, o docente teve a permissão para adicionar alunos neste curso. O número dos estudantes teve também que ser definido pelo administrador do VISIR.
5) Após a conclusão das etapas anteriores e do registo no sistema, torna-se visível uma janela com a experiência intitulada "Filtro RC", constituída por uma breadboard virtual e 5 componentes na barra superior (4 resistências e 1 condensador). Com estes elementos eletrónicos, equipamentos e instrumentação, era possível fazer experiências simples com filtros passa-baixo e passa-alto, usando os elementos pré-configurados.

Em resumo, embora o VISIR esteja fisicamente a grande distância da Universidade Al-Quds, foi fácil coordenar, através da troca de e-mails, a realização das tarefas necessárias para preparar remotamente a experiência do circuito.

B. Avaliação do VISIR

1) *Introdução*

Como referido na secção anterior, um dos principais objetivos deste estudo é mostrar o quão flexível é aplicar o VISIR na faculdade de engenharia da Universidade Al-Quds. Além disso, pretende-se demonstrar, através de testes de utilização, principalmente com base em questionários aos utilizadores, se os estudantes de engenharia da Universidade de Al-Quds irão aceitar tal tecnologia para interagir nos seus futuros laboratórios e quais são as vantagens e desvantagens de usar o VISIR, na perspetiva dos estudantes. Assim, será possível decidir sobre a utilização de VISIR em futuras experiências na Universidade Al-Quds. Uma maneira óbvia para atingir este objetivo é testar o VISIR através de uma avaliação subjetiva, usando instrumentos de pesquisa [19]. A avaliação de novos sistemas de ensino prático é assim concretizada por inquéritos, que medem o nível de aquisição das necessárias competências práticas, adquiridas pelos estudantes que já têm experiência em laboratórios tradicionais. Num passo seguinte, é de grande relevância a caracterização do VISIR no atual panorama laboratorial, nomeadamente na comparação com outros sistemas, como o tradicional laboratório prático e o de simulação. Uma forma de o conseguir é através de avaliação comparativa, baseada em análise estatística, revelando as características e atributos de cada sistema.

Na literatura, existem muitas fontes que podem ser usadas para estabelecer o questionário deste estudo, por exemplo, o questionário de satisfação da interação do utilizador (QUIS) [20], inventário de medição de utilização de software (SUMI) [21], medindo a facilidade de utilização dos sistemas multimédia (MUMMS) [22], questionário de utilização de sistemas de computador (CSUQ) [23] e questionários que lidam com a interação humano-computador [24].

2) *Fase um: Teste de Utilização Baseado em Instrumentos de Pesquisa*

Independentemente das técnicas de avaliação mencionados acima, as perguntas de pesquisa deste estudo foram criadas usando principalmente a pesquisa de Tawfik et al. [18], uma vez que este foi usado anteriormente para avaliar o mesmo laboratório remoto e assim aprovado pela sua adequação para este teste.

Foi aplicado um questionário de perguntas fechadas e os dados foram recolhidos a fim de investigar as perceções dos estudantes nas suas experiências práticas em laboratórios tradicionais e com o VISIR como representante de laboratórios remotos para este caso de estudo. Perguntas fechadas são perguntas em que todas as respostas possíveis estão ordenadas numa escala de cinco níveis (escala Likert); o entrevistado é solicitado a escolher uma das respostas (discordo fortemente, discordo, neutro, concordo, concordo fortemente). De acordo com Reja et al. [25], as perguntas fechadas têm diversas vantagens: são geralmente mais simples e oferecem opções aos inquiridos, guiam os entrevistados para informações específicas necessárias, que permitem fazer mais perguntas em menos tempo, e os dados (respostas) são fáceis de tabular e analisar.

Este tipo de avaliação pode ser considerada como uma funcionalidade de engenharia baseada em cenários de interação com o utilizador. De acordo com Rosson et al. [26], um cenário de interação com o utilizador é uma história sobre pessoas e as suas atividades, permitindo aos projetistas de sistemas responderem às atuais necessidades, antecipando também novas necessidades. Estes oferecem uma visão profunda sobre o sentido das situações avaliadas, mas ao mesmo tempo não implica que as coisas permaneçam na mesma. Eles descrevem os sistemas em termos de objetivos que os utilizadores irão perseguir, enquanto usam o sistema. Em suma, os cenários focam os projetistas nas necessidades e preocupações das pessoas do mundo real. Os métodos baseados em cenários, tanto para projetar como para analisar, não são apenas benéficos na descrição de pessoas que usam a tecnologia para remodelar as suas atividades. Revelam-se também de grande importância antes de um sistema ser construído, antecipando os possíveis impactos sentidos, [27] e [28].

Um total de 71 estudantes de engenharia (34 mulheres e 37 homens) do Departamento de Engenharia de Computação na Universidade Al-Quds estiveram envolvidos nas respostas dos questionários de pesquisa da primeira fase de avaliação. Estes estudantes estavam matriculados no curso de “Instrumentação e Sistemas de Controlo" e têm uma sólida formação em princípios de circuitos analógicos, bem como um forte conhecimento sobre as suas aplicações e implementações. A experiência de laboratório usada é um circuito de filtro RC e para a sua execução são necessários componentes elétricos, além de instrumentos de medição como osciloscópios, fontes de alimentação, etc..

Durante a realização da experiência, que representa a sessão de teste de utilização discutida anteriormente, o engenheiro responsável pela demonstração explica aos sujeitos (estudantes) todas as operações relacionadas com o uso de VISIR de forma muito simples e clara. O principal objetivo do estudo é testar o VISIR e não o conhecimento de circuitos complicados. Como tal, a escolha recaiu num circuito RC, circuito simples e com baixo número de componentes, e com o qual todos os estudantes tinham experiência prévia. Assim, eles foram capazes de distinguir e comparar entre as duas diferentes abordagens de interação, sendo capazes de avaliar o sistema.

O principal componente gráfico na interface web com o utilizador do laboratório remoto VISIR é a breadboard virtual. Através desta os estudantes podem ligar remotamente os diversos componentes e equipamentos físicos, obtendo o circuito pretendido para a experiência. A Fig. 3 ilustra o circuito do filtro RC virtualmente conectado sobre a breadboard virtual do VISIR.

Na Tabela I são mostrados os registos das medidas e valores dos ganhos calculados e os respetivos erros alcançados por um dos sujeitos. Na Fig. 4, são apresentadas imagens instantâneas do osciloscópio VISIR instalado no Instituto Superior de Engenharia do Porto. Nelas são mostrados gráficos de sinal sinusoidal, de entrada e saída do circuito de filtro RC, com frequências diferentes. De notar que os erros de ganho são devidos às tolerâncias do próprio equipamento instalado no Porto, Portugal.

É inegável que os laboratórios remotos devem servir como apoio e não como substituto das salas de laboratório, servindo como um recurso complementar à prática tradicional, permitindo que os estudantes tenham acesso a laboratórios remotos fora do horário normal de laboratório a fim de reforçar a aprendizagem dos conceitos teóricos [5]. Neste sentido, o questionário de pesquisa utilizado consiste num grupo de perguntas (Q1-Q3) para obter uma imagem da opinião dos estudantes sobre as dificuldades que enfrentam em laboratórios tradicionais. Tais dificuldades são causadas por frequentar aulas práticas laboratoriais na escola, apenas em horários fixos, durante todo ano letivo. Esta situação provoca um aumento do número de estudantes a trabalhar na mesma experiência ao mesmo tempo, o que resulta da escassez de equipamentos de laboratório e instrumentos devido a limitações orçamentais [5].

A Tabela II inclui as questões de pesquisa categorizadas como "antes" para avaliar a satisfação dos estudantes em relação ao quanto estão satisfeitos com o equipamento e gestão dos laboratórios tradicionais (Q1-Q3).

O questionário inclui ainda questões de pesquisa (Q4-Q17) com o objetivo de medir os seguintes critérios de avaliação: "utilidade e satisfação", "senso de realidade/imersão" e "utilização". Estas perguntas, que são respondidas após a sessão, são classificadas como "depois". Com estas perguntas, é possível perceber quanto o VISIR é fácil de

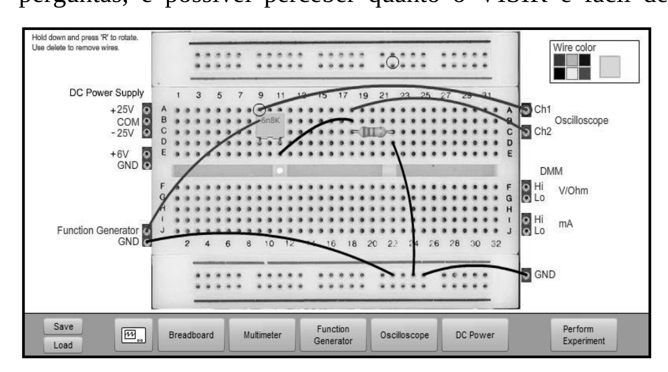


Fig. 3. Ligações virtuais do circuito do filtro RC sobre a breadboard virtual do laboratório remoto VISIR

TABELA I.
VALORES MEDIDOS E CALCULADOS DO FILTRO RC, OBTIDOS POR UM DOS ESTUDANTES

Frequência (Hz)	Ganho Medido	Ganho Calculado	Erro do Ganho
300	0.68	0.73	6.85
400	0.60	0.63	4.76
500	0.51	0.54	5.56
600	0.45	0.47	4.26
700	0.40	0.42	4.76
800	0.35	0.37	5.41
900	0.33	0.34	2.94
1000	0.30	0.31	3.23
1600	0.19	0.20	5.00
2600	0.12	0.12	0.00
3600	0.08	0.09	11.11

usar e qual a medida da intensidade de realidade/imersão do mundo real e mundo virtual num ambiente fabricado [28]. Este último valor mostra o quanto os estudantes estão imersos na sua atividade de realização de experiências através do laboratório remoto. Além destas, é ainda possível medir a satisfação dos estudantes sobre: a capacidade do VISIR funcionar corretamente e de fornecer os resultados esperados, uma vez que os estudantes já tiveram experiência prévia com o circuito RC num laboratório tradicional; a avaliação do VISIR como ferramenta complementar aos laboratórios práticos e do trabalho colaborativo entre eles.

No início da experiência, os docentes forneceram aos estudantes o nome de utilizador e respetiva senha para permitir que acedessem ao VISIR através da interface de utilizador. Após as sessões de experiência, os dados brutos foram recolhidos e analisados estatisticamente. De seguida, serão discutidos alguns dos resultados do questionário de pesquisa, representados na Fig. 5. Dos dados da Fig. 5 é óbvio que a satisfação dos estudantes sobre frequentar sessões práticas nos laboratórios tradicionais em tempo fixo durante os semestres letivos é baixa pois isso restringe o acesso a recursos de laboratório no horário de trabalho e conduz ao aumento do número de estudantes a trabalhar na mesma experiência.

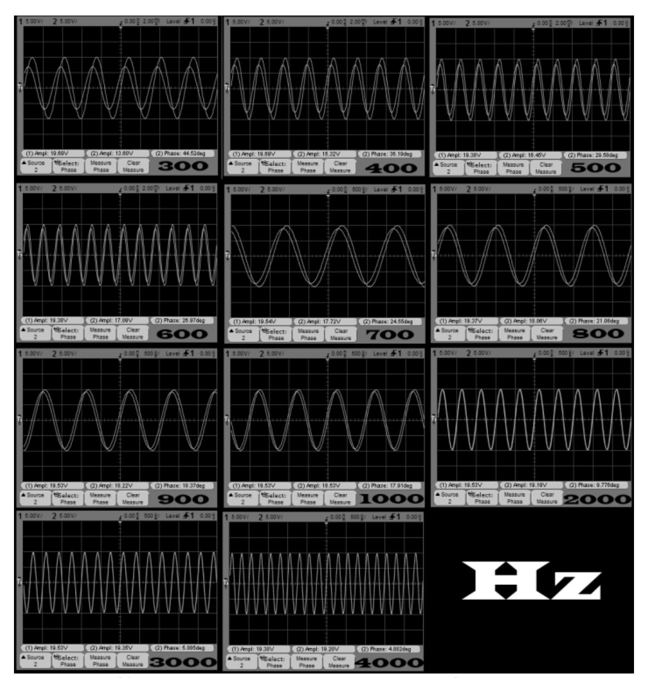


Fig. 4. Gráficos resultado obtidos com o osciloscópio VISIR por um estudante que executou a experiência do circuito filtro RC

TABELA II.
QUESTÕES DE PESQUISA DA AVALIAÇÃO

Tempo da pesquisa	Critério de Avaliação	Questão
Antes	Satisfação	Q1 Sinto que os resultados obtidos nos laboratórios tradicionais estão em conformidade com os resultados pretendidos das experiências laboratoriais
		Q2 Enfrento muitos problemas no laboratório tradicional
		Q3 Depois de realizar uma experiência no laboratório, eu gostaria de ter mais tempo para continuar a praticar
Depois	Utilização	Q4 Usar VISIR é fácil e conveniente
		Q5 Não preciso da ajuda do instrutor da experiência na maioria das atividades
		Q6 Enquanto usei o VISIR estava motivado para continuar a realizar a experiência
		Q7 Eu não tenho problemas com o tempo atribuído
		Q8 Mover entre a página da montagem e a página dos outros equipamentos e instrumentos é realizada sem dificuldades
		Q9 Como é o caso com o VISIR, colocando a *breadboard* numa página e o restante equipamento noutra simplifica a minha interação com o sistema
	Sentido de Realidade/Imersão	Q10 Eu senti que o VISIR era real e não virtual
		Q11 O equipamento e instrumentos no VISIR são idênticos ao seu equivalente real
		Q12 Embora esteja muito longe do VISIR, senti-me no controlo do mesmo
		Q13 Eu gostaria de ter uma *webcam* (um relógio, um dispositivo, uma tela, etc.) no lado do servidor do laboratório, a fim de melhorar a minha interação entre os utilizadores e o laboratório remoto
	Utilidade e Satisfação	Q14 Eu penso que a utilização do VISIR reforçará as minhas competências e base teórica
		Q15 Eu gostaria de usar VISIR em outras disciplinas.
		Q16 Eu acho que laboratórios remotos tais como VISIR servem como um complemento à prática
		Q17 Eu acho que se dois ou mais estudantes localizados em lugares diferentes tiverem a oportunidade de trabalhar em conjunto numa experiência, irá estimular o trabalho colaborativo entre os estudantes

A maioria das questões de pesquisa sobre VISIR tem uma média alta em comparação com aquelas relacionadas com os laboratórios tradicionais. Como pode ser verificado pelo gráfico da Fig. 5, três das perguntas de pesquisa, Q4: “Usar VISIR é fácil e conveniente”, Q6:” Enquanto usei o VISIR estava motivado para continuar a realizar a experiência”, e Q8:” Mover entre a página da montagem e a página dos outros equipamentos instrumentos é realizada sem dificuldades”, obtiveram valores superiores a 4 (máximo de 5), refletindo que a interface do utilizador está orientada ao utilizador e bem adaptada às necessidades dos estudantes no laboratório de ciência e engenharia. Outro resultado interessante a ser destacado é a preferência de ter a breadboard numa página separada da dos outros componentes, que obteve um valor próximo de 4. Distribuir os componentes virtuais em várias páginas é a versão preferida para os estudantes. Uma interpretação plausível deste facto é de que os estudantes consideram confuso ter diferentes apresentações/informações numa única página. A

questão de pesquisa Q5 mostra que durante uma sessão de experiência não houve necessidade da ajuda do instrutor, o que significa que o projeto do sistema VISIR, e da sua estrutura funcional, é de simples adaptação para o utilizador.

De uma forma geral, o critério de "Utilização" obteve um valor relativamente elevado em comparação com os outros critérios, como está representada na Fig. 6, em que se comparam graficamente os resultados dos critérios de avaliação das várias categorias "satisfação na prática", "utilidade e satisfação", "sentido de realidade/imersão" e "utilização".

Ficou claro na questão de pesquisa Q5, sobre a adição de algumas modificações ao sistema, como acrescentar uma webcam, tem um valor relativamente elevado de variabilidade o que mostra que os estudantes têm opiniões muito diferentes. Como exemplo, um dos estudantes argumentou que é necessário ter acesso visual aos dispositivos reais, através de uma webcam, pois dessa forma aumentaria o envolvimento com a tarefa, sentindo-se como se estivesse a fazer uma experiência real. Callaghan et al. [30] aponta que esta é de grande importância, por permitir que o estudante transfira eficaz e competentemente os conhecimentos adquiridos de um equipamento de teste em ambiente de laboratório remoto, para um equipamento de teste real, em laboratório real.

O critério de "Utilidade e Satisfação" alcançou um valor relativamente elevado, que significa que os estudantes consideram o VISIR útil e satisfatório para as suas necessidades de experimentação.

Os estudantes demonstraram também a opinião de que o VISIR deveria ser estendido a um ambiente de trabalho colaborativo. Um laboratório colaborativo é um laboratório aberto, abrangendo várias áreas geográficas, onde os estudantes interagem através de meios eletrónicos. Este tipo de estrutura permite incentivar relações mais próximas entre os participantes [31].

3) *Fase dois: Uma Avaliação Comparativa*

Na segunda fase, que terá início no próximo ano letivo de 2014/2015, será realizada uma avaliação comparativa com um grupo de mais de 50 estudantes de engenharia dos dois

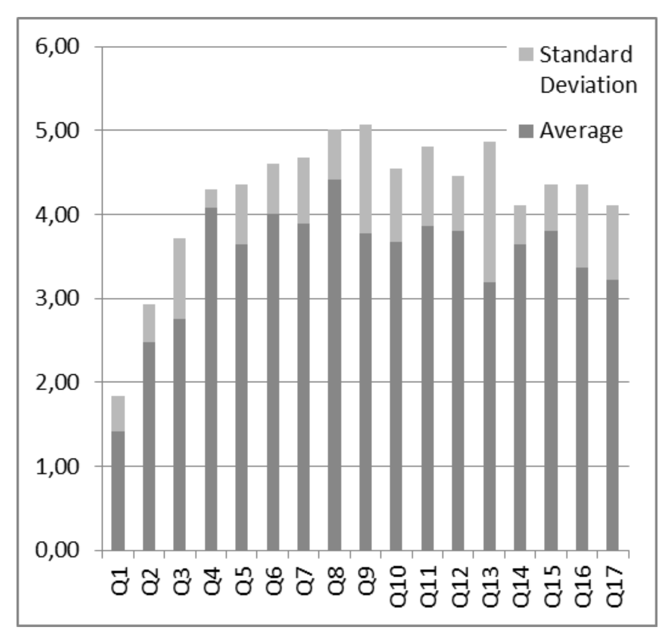


Fig. 5. Resultados obtidos com as questões de pesquisa

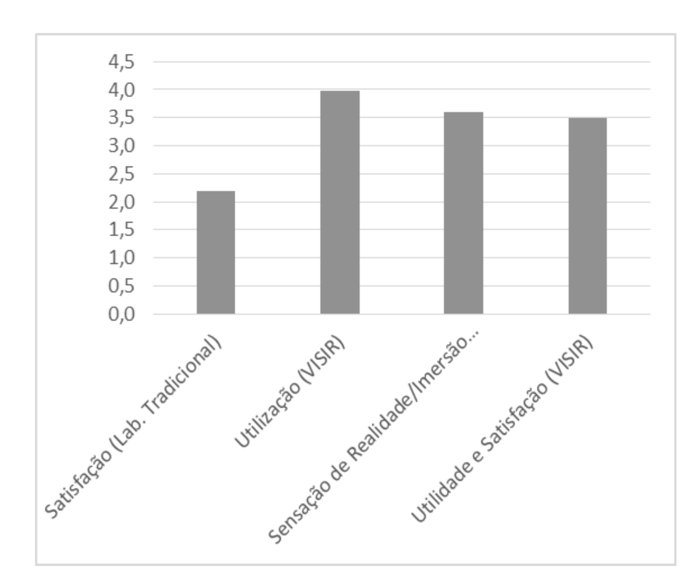


Fig. 6. Resultados da avaliação dos critérios avaliados

departamentos de engenharia, eletrotécnica e de computadores. Para esta fase foi selecionado um circuito eletrónico mais complexo: amplificador emissor comum, que permite medir tanto as frequências inferiores como as frequências superiores de corte. O objetivo da avaliação desta fase é descobrir os pontos fortes e fracos dos laboratórios remotos, aqui representados pelo VISIR, em comparação com os laboratórios práticos/tradicionais e os de simulação. Será assim realizado um enquadramento do VISIR no domínio dos laboratórios de engenharia. A Fig. 7 ilustra o esquema do circuito amplificador de emissor comum, a usar na avaliação prevista. Na Fig. 8 é apresentado o seu equivalente experimental na placa de ensaio virtual VISIR.

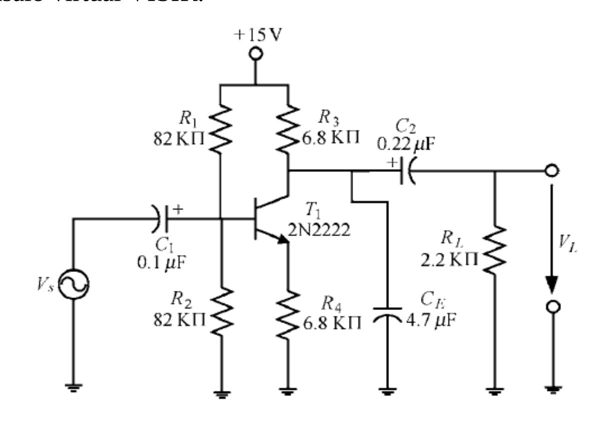


Fig. 7. Esquema do circuito amplificador de emissor comum

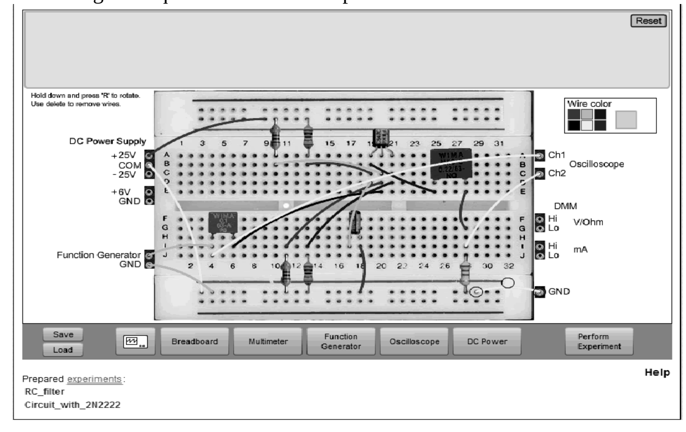


Fig. 8. Apresentação virtual do circuito amplificador de emissor comum, montado na placa de ensaio virtual VISIR

Na avaliação comparativa programada, os resultados obtidos com o laboratório remoto são considerados variáveis independentes, enquanto os critérios de avaliação são considerados como variáveis dependentes. Na análise estatística procura-se explicar a razão de uma variável dependente ter um determinado valor, sendo normalmente comparados para um determinado contexto. Para isso, as variáveis independentes são controladas pelos engenheiros responsáveis pela utilização, agindo como catalisadores para as variáveis dependentes. Ou seja, a variável independente é a "causa presumida", enquanto a variável dependente é o "efeito presumido" da variável independente [34].

Desta forma, será possível medir as diferenças de desempenho entre os diferentes tipos de laboratórios, de acordo com os objetivos dos laboratórios de ensino de engenharia [32], [33]. A análise do resultado estatístico permite, por um lado, a otimização do projeto do sistema de software interativo, e por outro lado, a correção de eventuais erros para os futuros laboratórios remotos. Para a comparação entre médias e respetiva significância estatística da diferença entre conjuntos de números, os avaliadores do sistema podem escolher entre dois métodos: teste t de Student ou one-way ANOVA [7]. Durante uma sessão de testes de utilização, o coordenador da experiência irá explicar aos estudantes todas as operações relacionadas com a experiência VISIR e com a experiência simulada, por exemplo, usando PSpice, que é um programa de *software* para simulação de circuitos analógicos e digitais.

Para comparar os diferentes laboratórios corretamente é da maior importância definir os critérios de avaliação adequados, através dos quais as diferenças entre os três métodos laboratoriais: laboratórios tradicionais, remotos e simulados, podem ser extraídas. Neste sentido, estão desde já definidos três componentes principais: taxa de retenção do estudante, pesquisa de satisfação e o seu desempenho. Estes critérios de avaliação serão utilizados em três sessões práticas com diferentes estudantes, instrutores e técnicos que realizam a experiência, usando os laboratórios práticos/*hands-on*, os de simulação e os remotos VISIR. Além disso, e de forma a realizar um estudo comparativo, um segundo grupo será solicitado a realizar a mesma experiência usando os três métodos.

Os três critérios de avaliação definidos são:

- Taxa de Retenção: Em laboratórios de engenharia, os estudantes trabalham essencialmente em grupo, usando os métodos "Prática fazendo" e "Ensinando outros". É importante relembrar aqui que os métodos de ensino podem ser divididos em: Palestra, Leitura, Audiovisual, Demonstração, Grupo de Discussão, Prática fazendo, e Ensinando os outros/uso imediato. As taxas de retenção, que correspondem a cada método foi demonstrada por Singhal et al. [35] e está representado na Fig. 9. É notório, a partir da figura, que a "Palestra" é o método de ensino menos eficaz do ponto de vista da retenção de informação. O método de ensino "Prática fazendo" tem uma taxa de retenção de 75 % e "Ensinando os outros/uso imediato" tem uma taxa de retenção de 90%. Com a introdução dos trabalhos laboratoriais é oferecido aos estudantes a experiência do trabalho em equipa e a prática do "Ensinar os outros", método que tem a maior taxa de retenção.

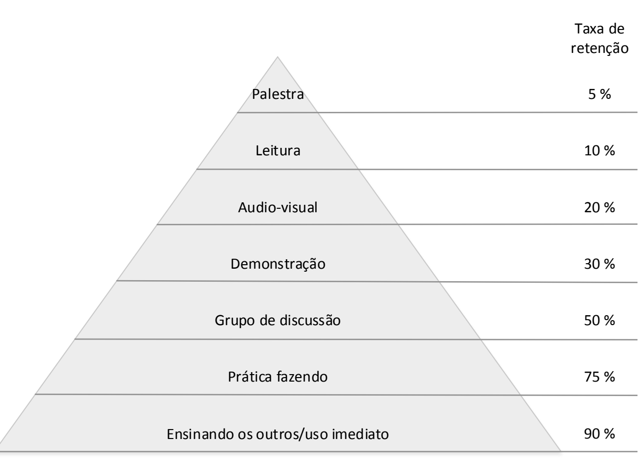


Fig. 9. Métodos de ensino e taxas de retenção [35]

- Pesquisa de Satisfação: Será desenvolvido um questionário de pesquisa para medir o grau de satisfação dos estudantes, dos professores e dos técnicos com os três modelos de laboratório.
- Desempenho do Estudante: Para analisar o desempenho do estudante, é necessário avaliar os treze objetivos fundamentais dos laboratórios de ensino de engenharia [33]. Esses objetivos podem ser classificados em três tipos. O primeiro tipo lida com aspetos cognitivos, como a Instrumentação, Modelos, Experiência, Análise de Dados e Projeto. A segunda categoria envolve a capacidade psicomotora que tem como alvo a capacidade de Manipulação dos aparelhos, a Consciência sensorial, Aprender com os erros, Criatividade, Capacidade psicomotora, Segurança, Comunicação, Trabalho em equipa, Ética no laboratório e Perceção sensorial. A terceira e última categoria inclui o Comportamento cognitivo e emocional e Campos de atitudes. Esses objetivos incluem aprender com os erros, criatividade, segurança, comunicação, trabalho em equipa e ética no laboratório.

V. Conclusões

Simuladores são ferramentas que os estudantes, especialmente em engenharia, usam para aprender as teorias ensinadas nos seus cursos. No entanto, as experiências físicas/práticas são indispensáveis para explorar os pontos fortes e as limitações dessas teorias, apresentadas como modelos de fenómenos da natureza e para obter uma compreensão exata do que está a ocorrer na vida real. Uma metáfora possível para a experimentação é uma “entrevista com a natureza”. O experimentalista coloca uma pergunta, por exemplo: qual é a soma das correntes num nó de um circuito elétrico; a resposta é dada pela natureza. A tarefa delicada está na formulação de perguntas úteis, mas acima de tudo está na interpretação das respostas. Os estudantes devem pois realizar muitas experiências, familiarizando-se com o equipamento no laboratório, a fim de serem fluentes na "linguagem da natureza". A ABET formulou os objetivos de aprendizagem fundamentais dos laboratórios de ensino de engenharia, incluindo as limitações das teorias, das abordagens experimentais utilizadas e da interpretação dos dados. No entanto, as sessões práticas de laboratório

oferecidas pela maioria das universidades são demasiado limitadas para permitir que os estudantes alcancem todos os objetivos.

Atualmente é possível abrir laboratórios para acesso remoto 24 horas por dia, 7 dias por semana usando apenas um navegador web. Os laboratórios remotos VISIR para experiências elétricas, que suportam os objetivos ABET, complementam laboratórios práticos onde os estudantes realizam experiências usando placas de montagem virtuais equivalentes a breadboards. Há mais de cinco anos que muitos estudantes, de várias universidades no mundo, usam os laboratórios VISIR, localizados em várias universidades espalhados pelo mundo, entre os quais o do Instituto Superior de Engenharia do Porto, em Portugal. As experiências de aplicação VISIR na Faculdade de Engenharia da Universidade de Al-Quds, em Jerusalém, Palestina, incluem uma pesquisa onde 71 estudantes de engenharia responderam a um questionário composto por 17 questões fechadas. A primeira fase da avaliação, realizada através de um questionário de pesquisa, preocupou-se em medir o grau de aceitação dos estudantes, satisfação, etc., na introdução de tal tecnologia na faculdade de engenharia. Ficou demonstrado que os estudantes consideram o VISIR útil, satisfazendo as suas necessidades de experimentação. Na segunda etapa deste estudo de avaliação, será realizada uma análise comparativa mais detalhada no início do próximo ano letivo 2014/2015, a fim de ter uma classificação do VISIR em comparação com outros tipos de laboratórios de engenharia, nomeadamente o tradicional laboratório prático/*hands-on* e de simulações, por exemplo, o PSpice. A classificação será de acordo com os objetivos fundamentais dos laboratórios de ensino de engenharia: taxa de retenção, grau de satisfação, e desempenho do estudante.

AGRADECIMENTOS

Os autores da universidade de Al-Quds, Palestina, agradecem ao grupo VISIR do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal, pela permissão de acesso e pela preparação das experiencias remotas VISIR. Este estudo não teria sido possível sem a sua aceitação para acesso ao laboratório remoto.

Este trabalho apresenta uma versão estendida de um documento intitulado como "Experiências da Aplicação de VISIR na Universidade de Al-Quds", apresentado na REV2014: 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, realizada de 26 a 28 de fevereiro de 2014, no Porto, Portugal [36].

REFERENCES

[1] ABET: Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc. [Online]. Available: http://www.abet.org/about-abet/

[2] S. Dormido, H.Vargas, J. Sánchez, N. Duro, R. Dormido, S. Dormido-Canto, and F. Esquembre, "Using Web-Based Laboratories for Control Engineering Education," International Conference on Engineering Education, Coimbra, Portugal, September, 2007.

[3] Z. Nedic, J. Machotka, and A. Nafalski, "Remote laboratories versus virtual and real laboratories," Proc. 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Boulder, Colorado, USA, November, 2003.

[4] W. G. Hutzel, A remotely accessed HVAC laboratory for distance education. Int. J. Eng. Education18, 6, pp. 711-716, 2002.

[5] S. Odeh, "Building reusable remote labs with adaptable client user-interfaces," Journal of Computer Science and Technology, vol. 25, no. 5, pp. 999-1015, 2010.

[6] M. Tawfik, E. Sancristobal, M. Sergio, R. Gil, G. Diaz, A. Colmenar, K. Nilsson, J. Zackrisson, L. Håkansson, and I. Gustafsson, "Virtual Instrument Systems in Reality (VISIR) for Remote Wiring and Measurement of Electronic Circuits on Breadboard," Learning Technol., IEEE Trans. No 1, vol. 6, pp. 60-72, 2013.

[7] R. A. Johnson and G. K. Bhattacharyya: Statistics: Principles and Methods, Wiley, 2000.

[8] Pallant, SPSS Survival Manual, Open University Press, 2004.

[9] J. Ma, and J. Nickerson, "Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review," ACM Computer Survey , Vol.38, Issue 3, Article No.7, 2006.

[10] Z. Nedic, J. Machotka, A. Nafalski, "Remote laboratories versus virtual and real laboratories," in: Proc. of the 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, pp. T3E-1-6. Boulder, Colorado, USA, November (2003).

[11] E. Valentin, A. Verbraeck, and H. Sol: Advantages and Disadvantages of Building Blocks in Simulation Studies: Laboratory Experiment with Simulation Experts, Simulation in Industry 15th European Simulation Symposium, SCS-European Publishing House, 2003.

[12] B.Guimaraes, A. Souza, H. Gosmann, and A. Bauchspiess: "Internet Based Remote Laboratory: The Level Control of three coupled water Reservoirs", ACCA, Santiago de Chile, 2002.

[13] I. Gustavsson, K. Nilsson, J. Zackrisson, J. Garcia-Zubia, U. Hernandez-Jayo, A. Nafalski, Z. Nedic, Ö. Göl, J. Machotka, M. I., Pettersson, T. Lagö and L. Håkansson, "On objectives of instructional laboratories, individual assessment, and use of collaborative remote laboratories", IEEE Transactions on Learning Technologies, 2(4), 263-274, 2009.

[14] Z. Nedic, J. Machotka, A. Sprok, L. O. Ruud, and S. Carr, "The circuit builder for NetLab", Proceedings of the 8th UICEE Annual Conference on Engineering Education, Kingston, Jamaica, 7 – 11 February 2005.

[15] I. Gustavsson, T. Olsson, H. Åkesson, J. Zackrisson, and L. Håkansson, "A Remote Electronics Laboratory for Physical Experiments using Virtual Breadboards", Proceedings of the 2005 ASEE Annaual Conference, Portland, USA, June 12 - 15, 2005.

[16] I. Gustavsson, J. Zackrisson, and T. Olsson, "Traditional Lab Sessions in a Remote Laboratory for Circuit Analysis", Proceedings of the 15th EAEEIE Annual Conference on Innovation in Education for Electrical and Information Engineering, Sofia, Bulgaria, 27th - 29th May 2004.

[17] J. García-Zubía, I. Gustavsson, U. Hernández-Jayo, P. Orduña, I. Angulo, and J. Ruiz de Garibay, "El proyecto VISIR en la Universidad de Deusto: laboratorio remoto para electrónica básica" actas del IX Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica (TAEE) ISBN:978-84-96737-67-9 Madrid, Abril 2010.

[18] M. Tawfik, E. Sancristobal, S. Martin, C. Gil, A. Pesquera, P. Losada, G. Diaz, J. Peire, M. Castro, J. García-Zubia, U. Hernández, P. Orduña, I. Angulo, M. C. Costa Lobo, M.A. Marques, M. C. Viegas, and G. R. Alves, "VISIR: Experiences and Challenges," International Journal of Online Engineering (iJOE), vol. 8, no. 1, 2012, pp. 25-32.

[19] B. Shneiderman, C. Plaisant, Maxine S. Cohen and Steven M. Jacobs: Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction (5th Edition). Pearson Addison Wesley Longman, 2010.

[20] J. P. Chin, V. A. Diehl and K. L. and Norman, "Development of an instrument measuring user satisfaction of the human-computer interface," in proc. of CHI '88 human factors in computing systems, pp. 213–218, New York: ACM Press, 1988.

[21] SUMI: Software Usability Measurement Inventory [Online]. Available: http://sumi.ucc.ie/whatis.html

[22] MUMMS: Measuring the Usability of Multi-Media Software [Online]. Available: http://www.ucc.ie/hfrg/questionnaires/mumms/index.html

[23] CSUQ: Computer System Usability Questionnaire [Online]. Available: http://hcibib.org/perlman/question.cgi

[24] A. A. Ozok, "Survey design and implementation in HCI," in handbook The Human–Computer Interaction Handbook Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications, 2nd ed., A. Sears and J. Jacko, Ed. New Yoork: Taylor & Francis Group, 2008, pp. 1151-1169.

[25] U. Reja, K. L. Manfreda, V. Hlebec, and V. Vehovar1: "Open-ended vs. Close-ended Questions in Web Questionnaires", Advances in Methodology and Statistics (Metodološki zvezki), 19, pp.159-177, 2003.

[26] M. B. Rosson, and J. M. Carroll. Usability Engineering: Scenario-Based Development of Human-Computer Interaction, Academic Press, pp. 15-22, 2002.

[27] M. B. Rosson, S. Maass, W. A. Kellog: "The designer as user: Building requirements for design tools from design practice," Communications of the ACM 31(11), 1288–97, 1989.

[28] K. Weidehhaupt, K. Pohl, M. Jarke, and P. Haumer: "Scenarios in system development," Current practice. IEEE Software, 15/2: 34–45, 1998.

[29] P. Milgram, and F. Kishino, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays," IEICE Transactions on Information Systems, vol. E77-D, no.12, 1994.

[30] M. J. Callaghan J. Harkin, T. M. McGinnity, and L. P. Maguire, "Client-server architecture for remote experimentation for embedded systems," International Journal of Online Engineering (iJOE), 2006, 2(4).

[31] S. Odeh, and E. Ketaneh, „E-Collaborative Remote Engineering Labs," in: 2012 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 17-20 April, Marrakesh, Morocco, pp. 705-714, 2012.

[32] L. D. Feisel and A. J. Rosa, "The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education," Journal of Engineering Education, January 2005, pp. 121-130.

[33] Feisel, L., and Peterson, G.D., "A Colloquy on Learning Objectives for Engineering Educational Laboratories," 2002 ASEE Annual Conference and Exposition, Montreal, Ontario, Canada, June 16–19, 2002.

[34] N. A. Streitz: "Cognitive compatibility as a central issue in human-computer interaction: Theoretical framework and empirical findings", in G. Salvendy (Ed.), Cognitive engineering in the design of human-computer interaction and expert systems. Amsterdam: Elsevier, 1987, pp. 75-82.

[35] Singhal, A.C, Bellamy, L. and McNeill, B. "A New Approach to Engineering Education", Arizona State University, Arizona, pp. 88, 1997.

[36] Odeh, S., J. Alves, G. R. Alves, M. Anabtawi, M. Jazi, M. Arekat, I. Gustavsson (2014). Experiências da Aplicação de VISIR na Universidade de Al-Quds. In: REV2014 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, 26-28 February, Porto, Portugal, pp. 346-352. http://dx.doi.org/10.1109/REV.2014.6784186



Salaheddin Odeh recebeu o grau de Mestre em Engenharia Elétrica, pela Universidade de Estugarda (1992) e o de Ph.D. pela Universidade de Kassel (1998); ambas na Alemanha. Desde 2002 ele é professor de Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade Al-Quds. De 2004-2007, atuou como chefe do Departamento de Engenharia de Computação e coordenador do programa de mestrado na faculdade de engenharia. Atualmente é membro do conselho de administração do Supremo Conselho para a adoção e reabilitação de engenheiros - A Associação dos Engenheiros palestinos, membro do comité científico de engenharia e ciência - Ministério do Ensino Superior, na Palestina, e membro do conselho de diretores da Sociedade Palestina Científico para a Inovação e Desenvolvimento (PSSID). De 1992-1998, foi membro do Instituto de Sistemas Homem-Máquina de Engenharia da Universidade de Kassel, na Alemanha, onde esteve envolvido em projectos de investigação sobre o design participativo e multimodal de interfaces homem-máquina em controlo de processos. A Fundação Alemã de Pesquisa (DFG) financiou o projeto. De 1998 até 2001, atuou como consultor com a Sun Microsystems no campo do sistema operacional "Solaris" em dois projetos industriais do alemão Post "Deutsche Post AG" e o Banco irlandês "primeiro e-solutions" em Darmstadt e Frankfurt, Alemanha. Em 1999, foi o vencedor do prémio de melhor tese de doutoramento da Associação dos Engenheiros Alemães (VDI) com a tese " Approximate Knowledge-based Process Visualization on the Basis of Fuzzy Logic ".Em 2012, foi o vencedor do prémio de melhor artigo IEEE com o seu trabalho de pesquisa " E-Collaborative Remote Engineering Labs ", apresentado na IEEE EDUCON 2012: Educação em Engenharia Global de 2012, Marrakesh, Marrocos 17-20 abril de 2012.
Seus interesses de pesquisa incluem laboratórios educacionais remotos, engenharia de software, engenharia de controlo, robótica, programação avançada, sistemas distribuídos e computação em nuvem, a interação humano-computador e processamento de imagem.



Mahasen Anabtawi entrou para o Departamento de Engenharia da Computação na Universidade Al-Quds, em 1999, como professora assistente. Presidiu ao Departamento de Engenharia de Computação por dois anos 2005-2007. Supervisionou vários projetos de graduação. Atuou como examinador interno e externo a uma série de teses de mestrado. Foi coordenadora do curso de mestrado na Faculdade de Engenharia. Ela publicou vários artigos de pesquisa em diferentes revistas e conferências. Ela foi o decano da Faculdade de Engenharia da Al-Quds University 2009-2012. Ela também atuou como membro de várias comissões na universidade.



Labib Arafeh é Professor Associado na área de computação e atualmente o decano da Faculdade de Engenharia da Universidade Al-Quds. Os seus interesses de pesquisa estão nos principais aspetos das aplicações computacionais para pessoas, aprendizagem ao longo da vida; sistemas de classificação automática; desenvolvimento de modelos de sistemas de qualidade de e-learning (de diferentes dimensões, tais como: conteúdo e multimédia, interface, usabilidade, produção, ferramentas, apoio institucional e técnico, etc.); Além dos sistemas de desenvolvimento de e-learning para cursos teóricos e práticos para promover a aprendizagem ao longo da vida para utilizadores de diferentes idades e sexos; Garantia de Qualidade e avaliação de sistemas de e-learning, sites e portais; Utilização das mais recentes ferramentas de gestão e de desenvolvimento, incluindo abordagem Agile para aumento da eficiência, produtividade, rentabilidade e gestão competente; Promoção do uso da tecnologia no ensino, e na produção de multimédia educacionais e culturais, incluindo a Realidade Aumentada.



Mahran Jazi é licenciado em engenharia eletrónica pela Universidade de Al-Quds, Palestina, em 2011 Ele trabalha atualmente no projeto final de curso para obtenção do grau de Mestre, em sistemas de limalhas e lascado RFID da Universidade de Duisburg-Essen, Alemanha. Seus interesses de pesquisa incluem sistemas de comunicação, redes sem fio, rádio cognitivo e processamento de sinal digital especializada em reconhecimento de voz.



Mahmoud R. Arekat é engenheiro de computação e estudante de MBA. Trabalha atualmente como um administrador de banco de dados na Universidade Al-Quds.
Ele completou a sua licenciatura em Engenharia da Computação pela Universidade de Al-Quds, em 2013, tendo-se candidatado a MBA no semestre seguinte.
Os seus interesses de investigação estão nas áreas dos métodos interativos de aprendizagem e de avaliação, tais como e-learning, os sistemas de ensino à distância e jogos vídeo educacionais. Recentemente, lançou uma nova startup de desenvolvimento de jogos de vídeo para fins específicos, tais como: aprendizagem e marketing.



Joaquim Alves é licenciado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (1994), mestre em Engenharia Eletrotécnica e Computadores (1998) e Doutor (PhD) (2007) em Ciências de Engenharia também pela Universidade do Porto.

No presente, ele é Professor Adjunto no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), ensinando nesta instituição desde 1997. É também Diretor do curso de Mestrado em Engenharia de Instrumentação e Metrologia do ISEP, desde Abril de 2012.

Há já vários anos é responsável pelas unidades curriculares de Processamento de Sinal Biológico e de Aquisição e Gestão de Dados, dos cursos de Licenciatura em Engenharia em Instrumentação e Computação Médica e de Engenharia em Instrumentação e Metrologia. Há dois anos é também responsável pelas unidades curriculares de Metrologia Aplicada do Mestrado em Engenharia de Instrumentação e Metrologia.

Tem um forte background nas áreas de instrumentação e monitorização de estruturas, usando sensores em fibra ótica. Já orientou diversos projetos/estágios de licenciatura e de mestrado. Participou como investigador em projetos de investigação e publicou vários *papers* em *proceedings* de conferências internacionais. Desde Maio de 2012 é investigador do grupo LABORIS-CIETI do ISEP, tendo organizado em fevereiro de 2014 a conferência internacional REV2014.



Gustavo R. Alves (M'14) é licenciado, mestre, e doutor em Engenharia Electrotécnica e Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), em 1991, 1995, e 1999, respetivamente. Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Electrotécnica do Instituto Superior de Engenharia - Politécnico do Porto (ISEP-IPP), Portugal, desde 1994. Participou em 17 projectos de I&D nacionais e internacionais, e publicou mais de 135 artigos em revistas e conferências internacionais, com comité de revisão. As suas áreas de interesse incluem a experimentação remota, as metodologias e infra-estruturas de teste e depuração de sistemas electrónicos, e o ensino laboratorial no contexto da educação em engenharia. Membro do IEEE, GOLC, IGIP, SPEE, e Ordem dos Engenheiros.

Gustavo Alves serviu na 1ª Conferência Internacional da Sociedade Portuguesa para a Educação em Engenharia (CISPEE2013) na qualidade de Program-Chair, em parceria com M. Teresa Restivo (FEUP, Portugal), e como General Chair da 11ª edição da Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2014) conference. É ainda o responsável atual pelo LABORIS, um dos núcleos do Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial (CIETI), do ISEP-IPP, reconhecido pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT).



Ingvar Gustavsson é mestre e doutor em formação em engenharia elétrica pelo Instituto Real de Tecnologia (KTH), Estocolmo, em 1967 e 1974, respetivamente. Depois de completar o serviço militar em 1968, ele trabalhou como engenheiro de desenvolvimento da Jungner Instrument AB em Estocolmo. Em 1970, ele se juntou ao projeto SYDAT visão computacional no Laboratório de Instrumentação, KTH. Em 1982, ele foi nomeado o chefe do Laboratório de Instrumentação. Juntamente com outro cientista, ele fundou uma empresa privada que presta serviços de inspeção automáticos a clientes industriais em 1983 Em 1994, ele retornou ao mundo acadêmico para assumir o seu cargo atual de professor associado da eletrónica e tecnologia de medição em Blekinge Institute of Technology (BTH), Suécia. Em 1999, ele iniciou um projeto de laboratório remoto em BTH que hoje é conhecido como VISIR (Sistemas Virtuais Instrumento na realidade). Em 2012 aposentou-se, em parte, do seu cargo, concentrando-se em atividades relacionadas com o VISIR. Seus interesses de pesquisa estão nas áreas de instrumentação, laboratórios remotos, eletrónica industrial e ensino à distância. Dr. Gustavsson pediu demissão de vários comités, mas é ainda membro do IEEE e de sociedades profissionais suecas.

Tic@ula: Diseño de una Herramienta Tecnológica para Fortalecer la Alfabetización de Niños con Capacidades Intelectuales Diferentes

Janio Jadán-Guerrero, Luis A. Guerrero

Title— **Tic@ula: Designing a technological tool for supporting literacy for children with special intellectual capacities.**

Abstract— **Literacy development is an essential process for people with intellectual disabilities. Otherwise, they will have additional difficulties in their daily life activities and hence their social inclusion. It is a big challenge for parents and teachers, but it is easier if the process begins since children. In this paper we present Tic@ula, a web framework for creating, centralizing and sharing learning objects based on IEEE LOM standard. Tic@ula pretends to enhance the adaptation of the resources for literacy to the Costa Rican reality and extend its application to children with moderate intellectual disability. The resources are based on the literacy method proposed by Spanish authors in their book "Down syndrome: reading and writing". The method and the resources were evaluated in a case of study. The preliminary results showed that the method not only can be applied in local context but also assists to teachers and parents to design and use literacy resources for special education.**

Index Terms— **children with intellectual disabilities, IEEE LOM standard, learning objects, literacy acquisition, virtual repository**

I. Introducción

La alfabetización es un proceso social que ha sido transmitido al ser humano de generación en generación. Surgió de la necesidad de recordar información que era compartida únicamente por medio del habla [1]. En la actualidad, la habilidad para leer y escribir facilita el desenvolvimiento de cualquier persona en la sociedad. Desde las actividades más cotidianas, como comprar, tomar un medicamento o movilizarse; hasta actividades más complejas, como estudiar, trabajar o generar nuevo conocimiento [1][22]. La UNESCO define a la alfabetización como la habilidad para identificar, comprender, interpretar, crear, comunicar y calcular, mediante el uso de materiales escritos e impresos relacionados con distintos contextos. La alfabetización constituye un proceso continuo de aprendizaje que le permite a una persona cumplir sus metas, desarrollar su potencial y conocimientos y participar activamente en actividades comunitarias y sociales [2].

La alfabetización no se adquiere de forma natural sino que se va desarrollando desde la infancia. El niño va aprendiendo de su entorno, de personas y objetos que le rodean, así como de actividades lúdicas, tales como jugar, cantar, escuchar cuentos o interactuar con sus semejantes [3][10][27]. La alfabetización temprana empieza desde los padres o personas que cuidan a los niños, y constituye una preparación para un sistema de alfabetización más formal, que se da cuando los niños ingresan a un centro educativo [6]. Los educadores utilizan uno o varios métodos de enseñanza de lectoescritura de acuerdo a programas establecidos o según una situación particular, como el caso de niños con capacidades intelectuales diferentes [19][22]. En este último escenario, el proceso de alfabetización es más lento y personalizado y se convierte en un gran desafío para los educadores [4][23]. Lograr que un niño con capacidades intelectuales diferentes pueda desarrollar al menos la habilidad de lectura sería esencial para que al crecer pueda desarrollar actividades cotidianas por sí solos [5].

Un problema muy común en países en vías de desarrollo, como Costa Rica, es la falta de recursos para mejorar la alfabetización en la educación especial [6]. No todos los centros educativos tienen acceso a recursos tecnológicos, existe escaso material didáctico adaptado a su entorno local, muchos maestros de educación especial no aprovechan la tecnología actual y los padres desconocen cómo apoyar a sus niños en su hogar [7]. Esta problemática es una oportunidad para diseñar la herramienta tecnológica Tic@ula, para crear, centralizar y compartir objetos de aprendizaje basado en el estándar IEEE LOM (Learning Object Metadata). Los metadatos de los objetos de aprendizaje proporcionan una información adicional a materiales digitales que facilitan su clasificación y recuperación [20]. Este artículo describe la metodología y la arquitectura utilizada en el diseño de la herramienta y recursos digitales basados en un método para alfabetización de niños con Síndrome de Down [5].

El artículo comienza con una descripción del problema en la sección de Antecedentes. Luego se describen los resultados de una investigación exploratoria realizado en la Universidad de Costa Rica, con el fin de detectar iniciativas en el ámbito de la alfabetización. Seguidamente se presenta una metodología para seleccionar un método de

J. Jadán-Guerrero; Programa de Doctorado en Computación e Informática; Universidad de Costa Rica; San José - Costa Rica; (teléfono: 506-2511-5404; correo: janio.jadan@ucr.ac.cr). Centro de Investigación Innovación y Desarrollo; Universidad Tecnológica Indoamérica; Quito-Ecuador (teléfono: 593-3390737; correo: janiojadan@uti.edu.ec).

L.A. Guerrero; Centro de Investigaciones en Tecnologías de la Información y Comunicación; Escuela de Ciencias de la Computación e Informática (ECCI); Universidad de Costa Rica; (teléfono: 506-2511-8000; fax: 2511-8026; correo: luis.guerrero@ecci.ucr.ac.cr)

alfabetización utilizado en niños con capacidades intelectuales diferentes. Se detalla la arquitectura de Tic@ula y se muestra un caso de estudio con el que se realizó una evaluación preliminar del método y de la herramienta. Finalmente se enuncian las conclusiones y trabajo futuro.

II. ANTECEDENTES

Costa Rica, un pequeño país ubicado en América Central ganó reconocimiento mundial en 1948 por abolir su ejército y posteriormente por participar en los procesos de paz en los conflictos armados de la región, lo que le hizo merecedor de un premio Nobel de la Paz en 1987. El acertado cambio de las armas por las aulas ha permitido potenciar la educación, logrando hasta el año 2013 una tasa de alfabetización del 95% [6]. A pesar de éste índice importante en alfabetización, las barreras en el ámbito de la educación especial aún son muy grandes en Costa Rica [7][8]. En la Figura 1 se sintetizan cuatro aspectos de interés en la inclusión educativa de niños con capacidades intelectuales diferentes o discapacidad intelectual:

En Diagrama Causa-Efecto muestra las posibles causas del problema de inclusión de niños con discapacidad intelectual en el sistema educativo de Costa Rica. A continuación se detallan los cuatro aspectos analizados por los autores del presente artículo.

A. *Escuelas Públicas y Privadas*

En Costa Rica, los centros educativos alejados de las urbes tienen acceso limitado a recursos tecnológicos y programas de formación de maestros. Sin embargo, cada vez más el Internet va teniendo presencia en estas zonas. Un estudio realizado por el Programa de la Sociedad de la Información y el Conocimiento de la Universidad de Costa Rica (PROSIC-UCR), indica que el 67% de los hogares tiene acceso a Internet. Las estadísticas incluyen el año 2013 en una muestra de 422 niños y niñas de escuelas públicas y privadas de 7 cantones centrales del país. En zonas urbanas incluso el 84,3% de niños entre 10 y 12 años de edad tienen acceso a Internet por medio de teléfonos celulares. De los cuales el 89.5% de estos los usa para entretenimiento y comunicación [8].

Este crecimiento puede convertirse en una oportunidad si se logran generar iniciativas que aporten a la educación. La generación de un repositorio con objetos de aprendizaje en español y adaptados a la realidad nacional, apoyarían a un sistema de aprendizaje flexible. Maestros de educación especial que laboran en las urbes podrían generar y/o reutilizar material diseñado a sus necesidades, y a su vez compartir con homólogos de zonas más alejadas. Con esto se fomentaría también a la alfabetización digital de maestros que también es necesario fortalecer para propender el uso y la creación de material digital [24].

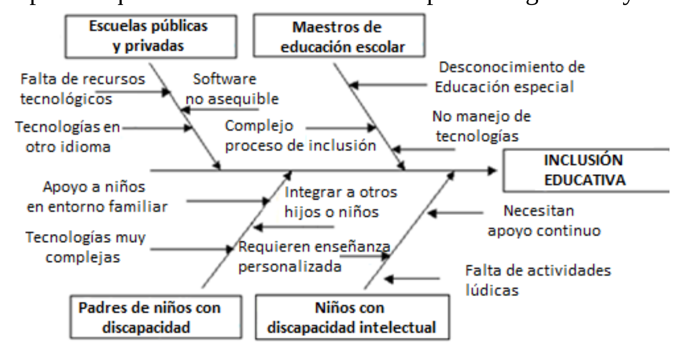


Fig. 1. Diagrama Causa-Efecto de la inclusión educativa de niños con discapacidad intelectual

B. *Maestros de Educación Especial*

No todos los maestros de educación escolar están preparados para lograr una inclusión educativa cuando en una de sus aulas se presenta un niño con alguna condición de discapacidad. Los aspectos pedagógicos asociados al diseño y desarrollo del contenido educativo para dos o más poblaciones diferentes en una misma aula, resulta complicado para un maestro si no cuenta con recursos de apoyo [22]. El desconocimiento del uso de tecnologías modernas, limita a los maestros transformar una educación tradicional a una dinámica, motivadora, lúdica o novedosa, que puedan facilitar la enseñanza de niños con capacidades diferentes y por ende un aprendizaje personalizado [16].

Un niño con capacidades intelectuales diferentes, al igual que otros niños están rodeados desde que nacen de dispositivos tecnológicos. Este contacto temprano está trasformando su manera de pensar y hacer las cosas [12]. Según Prensky, existen dos clases de ciudadanos en los inicios de este siglo 21, los nativos digitales y los inmigrantes digitales. Se refiere a los nativos digitales aquellos niños que van aprendiendo en función de su curiosidad y experimentación en su hogar. Ellos se divierten y aprenden con tabletas, consolas de juego, teléfonos inteligentes o juguetes diseñados para la enseñanza de alfabetización temprana. Por otro lado, se refiere a los inmigrantes digitales a personas que no nacieron rodeados de tecnología y les resulta más difícil aprender a interactuar con ella [3]. Esta diferencia genera una brecha en la educación. Por ejemplo, cuando los niños llegan a la escuela o centro educativo de educación especial no siempre encuentran un escenario en donde la tecnología es parte de su sistema de aprendizaje. En su aula de clase aprenden de la manera tradicional con escasos recursos tecnológicos, o si existen, algunos maestros prefieren no usarlos porque les resulta complejo crear estrategias de aprendizaje que involucren la tecnología, ya sea por tiempo o desconocimiento [11].

C. *Padres de Niños con Discapacidad*

Una familia con un niño con discapacidad intelectual se caracteriza muchas veces por tener sentimientos de desesperanza e impotencia. Sólo cuando aceptan la realidad de la situación, son capaces de confiar en la ayuda de profesionales y centros de educación especial [25]. En este escenario el más mínimo progreso de sus hijos es un motivo de alegría y se sienten motivados en continuar en casa con las recomendaciones de los educadores. Muchas veces por la falta de recursos educativos o desconocimiento de su existencia no se aprovecha un tiempo valioso para fortalecer procesos de aprendizaje, como la alfabetización. El acceso a recursos educativos diseñados por maestros de educación especial es una oportunidad para fortalecer la educación desde el hogar [26].

D. *Niños con Discapacidad Intelectual*

De acuerdo al Registro Nacional de Estadística sobre Discapacidad (RED) de Costa Rica basado en la Clasificación Internacional de Funcionamiento (CIF) en la Tabla I se presenta la distribución porcentual de tipos de discapacidad que se identifican en el primer informe del Registro Nacional de Estadística realizado hasta el año 2011 [13].

De estos porcentajes presentados el 15% corresponde a una población de niños entre 6 a 11 años de edad. Siendo el tipo de discapacidades más comunes la física y la intelectual. Dentro de estas dos poblaciones los niños con discapacidad intelectual requieren un aprendizaje más personalizado de acuerdo al nivel de su desarrollo cognitivo. Su integración dentro de un entorno educativo y muchas veces familiar es un verdadero reto para maestros, padres de familia o terapeutas [2][4][10].

Enseñar a leer a niños con discapacidad intelectual es una tarea educativa difícil que requiere técnicas pedagógicas especiales, ya que se requieren desarrollar habilidades de atención, estado de alerta, memoria, correlación, análisis y pensamiento abstracto [5][14]. Para lograr este objetivo un maestro de educción especial necesita del apoyo de recursos y herramientas tecnológicas que le ayuden a acceder a material digital y pueda aplicarlos en un proceso de enseñanza personalizado[25].

III. Investigación Exploratoria

Con el fin de recopilar información sobre el tema de alfabetización y tecnologías en educación especial, se realizó una investigación exploratoria en la Universidad de Costa Rica. Se llevaron a cabo entrevistas no estructuradas en cuatro departamentos relacionados a la educación especial: El Instituto de Investigaciones en Educación (INIE), el Programa de Tecnologías Educativas Avanzadas (PROTEA) de la Facultad de Educación, el Proyecto de Inclusión de Personas con Discapacidad Intelectual (PROIN) y el Centro de Investigaciones en Neurociencias. Se entrevistó a un experto en el tema de educación especial en cada uno de los departamentos.

Como resultado de estas entrevistas se pudieron conocer algunas investigaciones interdisciplinarias que el INIE realiza en el campo de las Ciencias de la Educación y aspectos curriculares de la educación especial [10]. El PROTEA promueve y coordina el uso de tecnologías en la educación escolar. Tanto maestros y estudiantes de la Facultad de Educación aprenden de tecnologías disponibles en Internet. Un experto entrevistado en PROIN manifestó que los procesos de alfabetización no son continuos y permanentes; además que los recursos y materiales no son suficientes y que hacen falta directrices didácticas. El Centro de Investigación en Neurociencias se dedica al desarrollo de investigación básica y aplicada en el campo de las Neurociencias, con una perspectiva de formación académica e integración interdisciplinaria. Actualmente está desarrollando el proyecto "Ambientes Virtuales Colaborativos" que busca ofrecer a los participantes espacios de interacción en los cuales se promuevan habilidades cognitivas involucradas en la resolución de problemas, procesos de socialización y alfabetización tecnológica [18]. Todos los expertos entrevistados concuerdan que la tecnología puede ayudar a niños a aprender de una manera diferente, sin embargo, la producción de materiales es complejo para el docente. Si se pudiera crear y compartir recursos educativos de una manera fácil y asequible ayudaría al docente a acoplar su conocimiento dentro del contexto donde lleve su práctica. Reconocieron que existe una debilidad en ambos aspectos, en la educación especial y en la incorporación de la tecnología al programa curricular.

TABLA I
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE DISCAPACIDAD EN COSTA RICA

Tipo de discapacidad	%	% específico
Movimiento	35.02	35.02
Funciones mentales	31.12	
Mental cognitiva		21.32
Mental socioemocional		9,80
Funciones sensoriales	11.82	
Visual		8.42
Auditiva		3.40
Voz y el habla	10.61	10.61
Genitourinario	8.29	8.29
Sistema digestivo, metabólico y endocrino	2.56	2.56
Otras	0.58	0.58
Total	**100.00**	**100.00**

Fuente: Consejo Nacional de Rehabilitación y Educación Especial.



Fig. 2. Láminas usadas en el Método Troncoso.

Estos resultados nos permitieron conocer que cualquier iniciativa en éste campo puede aportar a la labor de los educadores, y nos dio sustento para diseñar una herramienta tecnológica que aproveche el Internet y los nuevos dispositivos digitales que permiten a un usuario interactuar con información digital de una forma sencilla y sin la necesidad de un aprendizaje complejo y/o especializado, tal es el caso de tabletas o teléfonos inteligentes [16][17]. A diferencia de aplicaciones existentes en el mercado, que vienen con versiones limitadas o que están disponibles en otro idioma, se puede diseñar un repositorio con objetos de aprendizaje acordes a la realidad costarricense y accesibles a través de Internet en computadores o dispositivos digitales.

Al indagar sobre un método para la alfabetización de niños, los expertos indican que existen algunos métodos

[19][22] y no se puede estandarizar un método para niños con capacidades intelectuales diferentes, ya que cada caso es diferente. Esto condujo a que se realicen encuestas y entrevistas con profesores de educación especial para determinar el método que se puede acoplar en Costa Rica.

IV. MÉTODO DE ALFABETIZACIÓN

La Metodología diseñada para recolectar información de maestros de educación y pedagogos se dividió en tres fases. En la Fase 1 se utilizaron encuestas dirigidas a maestros de educación especial para explorar el método de lectoescritura que utilizan con niños con discapacidad intelectual. En la Fase 2 se realizó una entrevista estructurada a una autora española del método de lectoescritura para niños con Síndrome de Down. En la Fase 3 se desarrolló una entrevista semiestructurada a pedagogos de dos instituciones españolas para identificar su experiencia en la aplicación del método.

En la Fase 1 se aplicó una encuesta a 10 maestros de educación especial en Ecuador, específicamente en la Fundación Virgen de las Mercedes (FUVIME) en Quito. Así como también a 5 maestros de la Facultad de Educación de la Universidad de Costa en San José. Los maestros encuestados concuerdan que la enseñanza y el aprendizaje de la lectura y la escritura son básicos y fundamentales para el desenvolvimiento normalizado de cualquier persona. Un niño con discapacidad intelectual leve o moderada también precisa educarse de la manera más normalizada posible, de ahí la importancia que reviste para ellos la enseñanza de la lectoescritura. Mencionaron varios tipos de métodos de enseñanza de lectoescritura: Sintético, Global, Fonético y Ecléctico [19][22]. Los maestros de Costa Rica mencionaron un método desarrollado en España específico para niños con Síndrome de Down - Troncoso y Del Cerro [5]. Este método llamó la atención del investigador por su aplicación en algunos países de Latinoamérica como México, Chile y Argentina [28]. por esta razón en la Fase 2, el entrevistador logró conseguir una cita con la autora del método en Santander, España. La pedagoga Mercedes del Cerro, una de las autoras del método explicó el trabajo que realiza la Fundación Iberoamericana de Cantabria Down21, y mediante una entrevista estructurada se recopiló información de experiencias y recursos que se utilizan en éste método. La vivencia personal de las autoras con niños con Síndrome de Down les motivó en 1991 a adaptar el método a una versión en Español, tomando como referencia un método Global Analítico [5]. Una de las autoras evidenció que sus hijas fueron capaces de aprender a reconocer palabras entre los 2 a 3 años de edad, y que la lectura les ayudó además a desarrollar su lenguaje, área cognitiva e independencia en situaciones de la vida real.

El enfoque pedagógico que se aplica en el método es aprendizaje discriminativo perceptual. Este enfoque se centra en enseñar a un niño a percibir sonidos y relacionarlos con las acciones u objetos. El énfasis del método abarca cinco capacidades: memoria, atención, asociación, discriminación y denominación. Para cada una de ellas el método utiliza láminas y tarjetas. El propósito de estos recursos es que el niño puede relacionar la palabra a la imagen y asociar los conceptos de ambos. La Figura 2 muestra algunos ejemplos de esas láminas.

En la Fase 3, el objetivo fue determinar la experiencia de pedagogos en la aplicación del método y de las tecnologías que se usan en educación especial. Para esto, el entrevistador visitó la Fundación ASINDOWN en Valencia y la Fundación ONCE (Organización Nacional de Ciegos de España) en Madrid, en donde pedagogos detallaron sus experiencias en la aplicación del método. En general se puede resumir que el método para niños con Síndrome de Down ha funcionado también en niños con otros tipos de capacidades intelectuales. El tiempo promedio que le toma a un niño a aprender a leer es de 2 años, y que para la escritura se puede añadir un año más, pero que todo depende del caso particular del niño o las condiciones del proceso de enseñanza. Mencionaron, que incluso en algunos casos no logran llegar a escribir. Recalcaron que es un proceso lento, sin embargo se pueden lograr avances positivos si existe refuerzo por parte de la familia. Al describir la idea de Tic@ula, indicaron que podría ser más entretenido para los niños, puesto que algunas rutinas son aburridas y repetitivas. La interacción con audio y video ayudaría a mantener el interés y la concentración del niño.

Con la información recopilada en las tres fases se pudo evidenciar que hay mucho por hacer en el desarrollo de tecnologías que aporten a al aprendizaje de niños con capacidades intelectuales diferentes. Un logro importante fue la autorización de la autora del método para poderlo aplicar en una versión digital. Por esta razón se escogió el método para alfabetización de niños con Síndrome de Down desarrollado en España, como base para diseñar la herramienta tecnológica Tic@ula y adaptar el contenido de la información de acuerdo al contexto costarricense.

V. REPOSITORIO TIC@ULA

Tic@ula es una propuesta para la comunidad Tica (o costarricense) que hace uso de la tecnología para crear y compartir recursos educativos para la alfabetización de niños con capacidades intelectuales diferentes, con el fin de proveer recursos educativos de aprendizaje lento y compartido con la comunidad. Se presenta a continuación el diseño arquitectónico y la administración de los objetos de aprendizaje.

A. Arquitectura del Repositorio Virtual

La arquitectura que se propone pretende centralizar y canalizar recursos y talentos que actualmente se encuentran dispersos. Al tener un repositorio de Objetos Digitales de Aprendizaje los maestros pueden diseñar instrumentos acordes con las estrategias de aprendizaje para cada niño. Un esquema general de la arquitectura que se muestra en la Figura 3.

Esta arquitectura utiliza un repositorio de Objetos Digitales de Aprendizaje basados en el estándar IEEE LOM (Learning Objects Metadata) [15][16]. El estándar IEEE LOM permite etiquetar, catalogar, describir y clasificar recursos de un repositorio, generalmente en un entorno web. Esta estructura tiene la finalidad de facilitar una posterior búsqueda y recuperación de la información [20]. Los metadatos que se utilizados se muestran en la Tabla II.

El repositorio fue desarrollado con tecnología Mysql /Php en el lado del servidor y HTML5+CSS3+Javascript en el lado del cliente. Esta arquitectura permite que se pueda

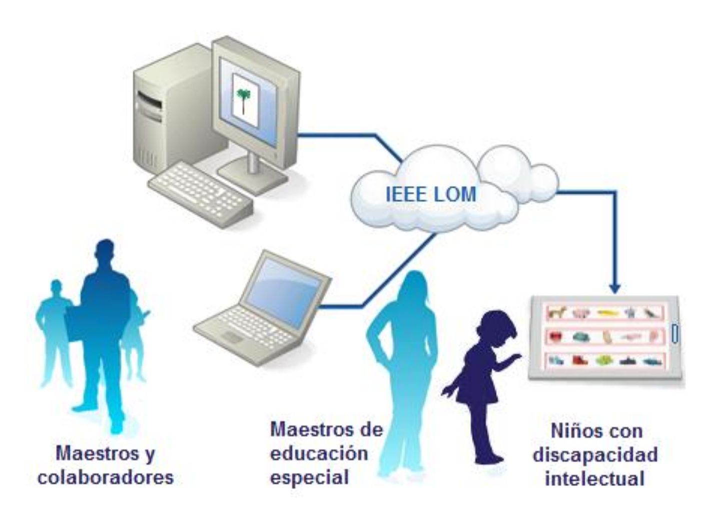


Fig. 3. Arquitectura del repositorio virtual TIC@ULA.

acceder al repositorio a través de cualquier navegador de Internet. Para acceder a dispositivos móviles se creó una App para sistemas Android.

B. Administración de los Objetos de Aprendizaje

La interfaz de Tic@ula fue diseñada para que maestros puedan subir recursos educativos digitales basados en el Método de lectoescritura Troncoso y del Cerro. A más de la información de cada objeto de aprendizaje se puede incorporar audio y video a cada lámina. En la Figura 4 se muestra la interfaz principal del repositorio.

Los recursos subidos en el repositorio pueden ser accedidos desde cualquier computador que tenga conexión a Internet. Así como tabletas o teléfonos inteligentes. Estos recursos constituyen una herramienta complementaria a la labor de maestros de educación especial en el proceso de alfabetización de niños con capacidades intelectuales diferentes.

VI. Evaluación Preliminar

Para explorar la factibilidad del método de lectoescritura Troncoso y la incorporación de la tecnología, se llevó a cabo una evaluación con Carolina, una niña de 11 años de edad y con discapacidad intelectual moderada. Esta evaluación constituye un caso de estudio que se lo dividió en dos fases.

TABLA II
METADATOS UTILIZADO EN EL REPOSITORIO

Nombre	Descripción	Tipo
id	Identificador del objeto de aprendizaje	Número
tiporecurso	Tipo de lámina que usa el método Troncoso	Número
codigorecurso	Código del recurso	Número
area	Etapa del proceso de alfabetización	Texto
autor	Autor	Número
fecha	Fecha de creación	Fecha
proposito	Propósito	Texto
keywords	Palabras clave para búsqueda	Texto
tema	Tema del estudio	Texto
idioma	Idioma en el que fue diseñado	Texto
licencia	Información de licencias	Texto
metodología	Explicación de uso del objeto	Texto
formato	Formato del recurso	**Texto**

Fuente: elaboración propia.

A. Evaluación del Método de Alfabetización

La primera fase consistió en probar el método de alfabetización sin apoyo de la tecnología, para esto se coordinó con la madre para que etiqueten con letreros los objetos más comunes del hogar. Por ejemplo, la mesa donde se sirve los alimentos tiene un letrero con la palabra "mesa", como se muestra en la Figura 5.

El objetivo del ejercicio fue determinar si la niña puede desarrollar algunas habilidades que el método sugiere [5]. Entre ellas:

1º.- Saber que cada cosa-objeto tiene un nombre.
2º.- Presentar buen grado de atención.
3º.- Desarrollar capacidad discriminativa.
4º.- Desarrollar la memoria.

Con el acompañamiento de una maestra de educación especial, se determinó un tiempo de tres meses, ya que las habilidades de memoria se pueden evaluar al cabo de un mediano plazo [5][22]. Se trabajó en conjunto con todos los miembros de la familia para que ayuden a Carolina a asociar el objeto con la palabra en la etiqueta. También dentro de los objetos escogidos por la maestra de educación especial se consideraron los siguientes aspectos:

1. Que tengan significación clara.
2. Que le resulten motivadores.
3. Que sean palabras lo más cortas posibles.
4. Que se pueda hacer una representación gráfica clara y sencilla.
5. Que no tengan parecido gráfico y fonológico.

Después de los tres meses, Carolina se familiarizó con las palabras asociadas a los objetos de su hogar. La maestra realizó algunas pruebas para evaluar las habilidades que había desarrollado. Por ejemplo, se quitaron las etiquetas de los objetos, y se pidió a Carolina que vuelva a colocar las etiquetas en los objetos correspondientes. Más del 50% de etiquetas fueron colocadas correctamente. Según la maestra, se pudo evidenciar que se desarrollaron habilidades de memoria, asociación y discriminación.

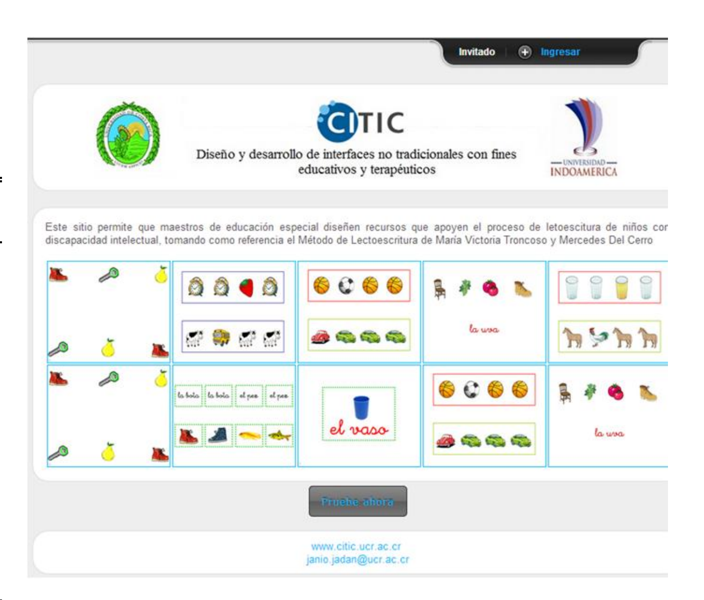


Fig. 4. Interfaz principal de Tic@ula

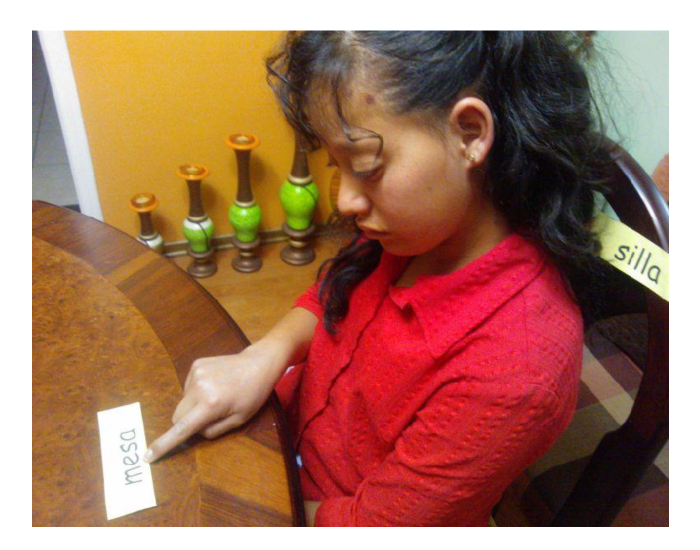


Fig. 5. Carolina, niña de 11 años con discapacidad intelectual usando el Método de Lectoescritura Troncoso y Del Cerro.

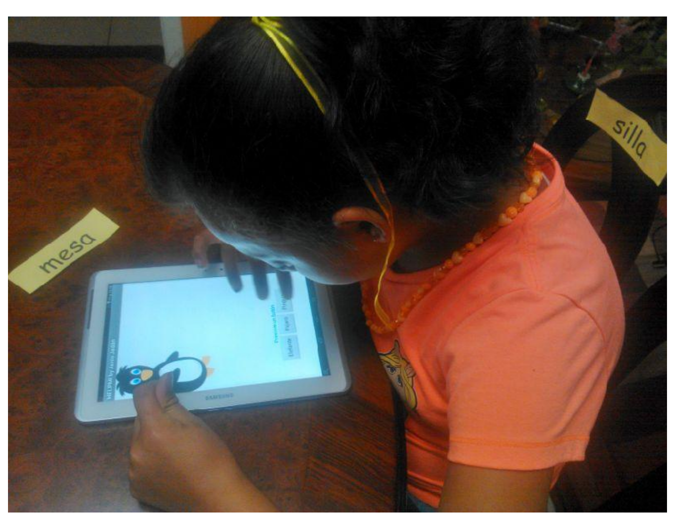


Fig. 6. Aplicación del Método de Lectoescritura Troncoso y Del Cerro en una aplicación de tableta con supervisión de una maestra de educación especial.

B. Evaluación del Método Usando Tecnología

Para explorar el uso de la tecnología con el método de lectoescritura, se llevó a cabo una evaluación preliminar con la aplicación en una tableta de 10 pulgadas. Durante una semana se organizaron sesiones diarias de treinta minutos. Para familiarizar a la niña con los objetos de aprendizaje que le presentaba la maestra. En la Figura 6 se muestra a Carolina usando el prototipo bajo la supervisión de la maestra.

Al cabo de la semana de evaluación, se evidenció el interés por parte de Carolina. En una entrevista no estructurada a la maestra, manifestó que la niña ponía atención en las indicaciones que le fueron dadas y que mostraba interés y motivación. El hecho que cada dibujo también tenga un sonido o pronunciación llamaba su atención. Se pudo observar también que la interacción y los mensajes positivos de sus pequeños logros la alentaban, que se notaba en su expresión de alegría y estado de concentración.

VII. Conclusiones

Las entrevistas y encuestas realizadas nos dieron un indicio de la importancia de la enseñanza de la alfabetización en niños con capacidades intelectuales diferentes. Expertos en el ámbito educativo manifestaron que al igual que el resto de los aprendizajes, se debe comenzar lo antes posible, con un entrenamiento temprano, ya que es fundamental para el desenvolvimiento de un niño y su inclusión en la sociedad.

El diseño de una arquitectura para compartir y usar objetos de aprendizaje abre la posibilidad de que maestros de educación especial de zonas rurales puedan acceder a recursos que comparten sus homólogos.

Una evaluación preliminar del método y los recursos educativos de Tic@ula a través de un caso de estudio, permitió identificar el potencial que puede tener una herramienta tecnológica en el proceso de alfabetización de niños con capacidades intelectuales diferentes.

VIII. Trabajo Futuro

Dado que sólo se realizó una evaluación con un caso de estudio, se prevé incorporar las recomendaciones de la maestra de educación especial que acompañó en el proceso para mejorar la herramienta. También se pretende ampliar el repositorio de los objetos de aprendizaje e incorporar objetos tangibles de aprendizaje [22][28]. Con todas estas mejoras es importante realizar una nueva evaluación con una población de maestros de educación especial más grande. El nuevo diseño estará basado en el mismo método Troncoso y Del Cerro, y se diseñará un kit de objetos tangibles como herramienta de aprendizaje como se muestra en la Figura 7.

Los objetos de la Figura 7 podrían ser impresos en una impresora 3D o utilizarse juguetes con etiquetas o sensores para que puedan ser reconocidos por un computador y se pueda asociar la información del repositorio de Tic@ula. La idea consiste en crear kit con objetos de escenarios de la vida real, con el fin de que un maestro pueda diseñar estrategias de aprendizaje en actividades cotidianas, tales como comprar, reconocer animales, alimentos o medicinas. Esta iniciativa surgió de la información proporcionada por los entrevistados, en dónde indicaron que muchos niños con discapacidad intelectual les cuesta desarrollar un aprendizaje abstracto al ver objetos en una lámina o dispositivos tecnológicos. Mencionaron que es más fácil que los niños aprendan con objetos concretos antes de pasar a los abstractos. Estas interfaces tangibles permitirían la conexión entre el cuerpo y la cognición, y facilitaría el pensamiento a través de acciones físicas [22].

Agradecimientos

El presente artículo fue posible gracias al apoyo de la beca SENESCYT de Ecuador para la realización de estudios doctorales del primer autor. Y gracias al convenio del Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Comunicación (CITIC) de la Universidad de Costa Rica con el Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo (CIID) de la Universidad Tecnológica Indoamérica de Ecuador, que colaboran en el proyecto de investigación No. 834-B4-159 “Desarrollo de interfaces no tradicionales de usuario con



Fig. 7. Kit de objetos tangibles para la alfabetización de niños con capacidades intelectuales diferentes.

fines educativos y terapéuticos". Un agradecimiento especial a Carolina y su familia por habernos permitido utilizar su vivencia como un caso de estudio.

REFERENCIAS

[1] A. Viñao, "La Alfabetización en España: Un proceso cambiante en un mundo multifrme", Revista Electrónica de Educación y Formación Continua de Adultos, vol. 3, pp.5-19,2009.

[2] M. Richmond, C. Robinson, M. Sachs-Israel, "El desafío de la alfabetización en el mundo", UNESCO, pp.17, 2008

[3] N. Camila, B. Winslow and J. Sadauskas, "Fostering early literacy skills in children's libraries: Opportunities for embodied cognition and tangible technologies," Proceedings of the 11th International Conference on Interaction Design and Children, pp. 50-59, 2012.

[4] S. Abigale, K. Jeeeun and Y. Tom, "Technology to Support Emergent Literacy Skills in Young Children with Visual Impairments," CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 1249-1254, 2014.

[5] M. Troncoso, M. Del Cerro, "Síndrome de Down: Lectura y escritura", Fundación Iberoamericana Down21, 2009

[6] G. Gómez, "El uso de la tecnología de la información y la comunicación y el diseño curricular", Redalyc,. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, Educación, Volumen No.32, pp. 77-97, 2008

[7] K. Nancy, C. Yoram, K. Kendra, K. Rahul, M. Stuart, S. Kathryn and W. Holly, "Supporting Sociable Literacy in the International Children's Digital Library," Proceedings of the 2004 conference on Interaction design and children: building a community, pp. 89-96, 2004.

[8] F. Cuevas, J. García, "TIC y formación de docentes", Capítulo 7 del informe Hacia la sociedad de la información y el Conocimiento, Programa de la Sociedad de la Información y el Conocimiento de la Universidad de Costa Rica (Prosic-UCR), Capítulo 7, pp.283-341, 2013

[9] R. Pérez, "Infancia , Socialización y TIC", Capítulo 8 del informe Hacia la sociedad de la información y el Conocimiento, Programa de la Sociedad de la Información y el Conocimiento de la Universidad de Costa Rica (Prosic-UCR), Capítulo 8, pp.343-368, 2013.

[10] A. Mitjáns, "La perspectiva histórico-cultural y la educación especial: contribuciones iniciales y desarrollos actuales" Actualidades Investigativas en Educación, Instituto de Investigación en Educación de la Universidad de Costa Rica, Volumen 9, pp. 1–28, 2009.

[11] M. Prensky, "Digital Natives, Digital Immigrants", MCB University Press, Volumen 9 No. 5, 2001.

[12] W. Rodríguez, "Herramientas culturales y transformaciones mentales: De los jeroglíficos a la internet", Ciencias de la Conducta, Volumen No.17, pp. 12-19, 2002

[13] Registro Nacional de Estadística sobre Discapacidad, Consejo Nacional de Rehabilitación y Educación Especial de Costa Rica CNREE, pp. 7-11, 2011.

[14] B. Muro, P. Santana, M. García, "Uso de interfaces tangibles en la enseñanza de lectura a niños con síndrome de Down", Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, El Hombre y la Máquina No.39, 2012.

[15] UNESCO, "Medición de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en educación", 2009

[16] J. Ferreyra. A. Méndez, M. Rodrigo. "El uso de las TIC en la Educación Especial : Descripción de un Sistema Informático para Niños Discapacitados Visuales en Etapa Preescolar", Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, 2009

[17] P. Zervas, D. Sampson. "Enhancing Educational Metadata with Mobile Assisted Language Learning Information," Advanced Learning Technologies (ICALT), 2010 IEEE 10th International Conference on, pp.269, 273, 5-7, 2010.

[18] R. Alfaro, "Ambientes Virtuales Colaborativos". Programa de Investigación en Neurociencias Departamento de Educación Preescolar del Ministerio de Educación Pública (MEP), Universidad de Costa Rica, 2013

[19] A. Bentolila, G. Bruno, "Learning to read: choosing languages and methods," Education for All Global Monitoring Report 2006, UNESCO, 2006.

[20] J. Cáceres, "Estudio exploratorio de defectos en registros de metadatos IEEE LOM de objetos de aprendizaje", SPDECE. 2007

[21] K. Philip, "HCI Beyond the GUI: Design for Haptic, Speech, Olfactory, and Other Nontraditional Interfaces", Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, CA, USA, 2008

[22] M. Carpio "Eficacia de las estrategias pictofónicas en la enseñanza de la lectura inicial en Costa Rica: un estudio longitudinal", Departamento Interfacultativo de Psicología Evolutiva y de la Educación, Universidad Autónoma de Madrid, España, 2012

[23] B. Bolaños, M. Cambronero, M. y A. Venegas, "Didáctica de la lectoescritura", Costa Rica: EUNED, 2006

[24] J. Barrio, "El desarrollo de la lectura y la escritura en la Educación Infantil y Primaria", Los primeros pasos (por atajos y veredas) hacia la lengua escrita del Ministerio de Educación y Ciencia. pp. 67-93, España, 2007

[25] J. Feng, J. Lazar, L. Kumin, A. Ozok, "Computer Usage by Children with Down Syndrome: Challenges and Future Research", Journal of ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS) ,Volume 2 Issue 3, 2010

[26] A. Istenic, "Differentiation, Individualization and Influencing Factors in ICT Assisted Learning for People with Special Needs Introduction to the Special Thematic Session", International Conference of Computers Helping People With special Needs (ICCHP 2014), pp. 516-519, Australia, 2014

[27] L. Vigotsky, A. Leontiev, A. Luria, Psychology and Pedagogy Third Edition. Akal Ediciones Sa, pp. 81-90, 2007

[28] 5. B. Muró, P. Santana and M. Magaña, "Developing reading skills in Children with Down Syndrome through tangible interfaces," in Proceedings of the 4th Mexican Conference on Human-Computer Interaction, México DF, 2012



Janio Jadán-Guerrero. Estudiante del Programa de Doctorado en Computación e Informática de la Universidad de Costa Rica, 2013-2016. Profesor e Investigador de la Universidad Tecnológica Indoamérica (UTI) y del Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo (CIID). Quito - Ecuador, desde 2009 hasta la actualidad.



Luis A. Guerrero. Dr. Ciencias de la Ingeniería por la Pontificia Universidad Católica de Chile en 1999. Profesor e Investigador de la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática (ECCI) y del Centro de Investigaciones en Tecnologías de la Información y Comunicación (CITIC) de la Universidad de Costa Rica (Sede Rodrigo Facio) desde 2010 hasta la actualidad. Actualmente coordina el Programa de Doctorado en Computación e Informática de la Universidad de Costa Rica.

Laboratorio Remoto eLab3D, un Recurso Complementario en la Formación del Ingeniero

S. López, Member, IEEE, A. Carpeño, Member, IEEE, y J. Arriaga, Member, IEEE

Title— **Remote Laboratory eLab3D, a Complementary Resource in Engineering Education.**

Abstract—**Experimental training is essential in developing the whole set of skills that an engineer must acquire. Therefore, any resource that involves an improvement in the practical training is an issue of interest to the academia. eLab3D is an electronics remote laboratory based on a configurable hardware and 3D virtual world, that allows students to perform real experiments with analog electronic circuits. This article provides a SWOT analysis about remote laboratories compiled from recent publications and presents some relevant results of the use of eLab3D in real educational contexts, concerning the teachers' assessment of its potential and the students' perceived satisfaction.**

Index Terms—**Remote laboratory, electronic experiments, engineering education, virtual worlds, eLearning**

I. Introducción

LA incorporación de la formación práctica a través de laboratorios virtuales y/o remotos ha servido, entre otros motivos, para suscitar una reflexión sobre cuáles son los objetivos de aprendizaje propios de los laboratorios en la formación de carreras como las de ingeniería. A pesar de que hoy nadie concibe una enseñanza en cualquier rama de la ingeniería sin incluir una formación experimental, durante muchos años ha habido una escasa atención a definir, medir e investigar sobre las competencias que el alumno debe desarrollar en los laboratorios [1].

Ha sido principalmente a partir de la década de los 80 del siglo pasado cuando ha ido tomando cuerpo una formulación más explícita de los objetivos de aprendizaje asociados a la formación en laboratorios y a su posterior evaluación [2]. En este proceso es de destacar como un hito importante la definición de trece objetivos fundamentales para los laboratorios educativos en ingeniería que fueron definidos durante el encuentro promovido por ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) y celebrado en San Diego, California, en Enero del 2002 [3]. En la última década y motivado en parte por la creciente necesidad de acreditación de las carreras, que en Europa ha tenido su particular desarrollo de la mano del denominado proceso de Bolonia, se han desarrollado enunciados más precisos de los objetivos formativos, de los resultados de aprendizaje y de los indicadores de evaluación en la formación de laboratorios [4], [5] y [6].

Sergio López, Antonio Carpeño, y Jesús Arriaga pertenecen al Departamento de Ingeniería Telemática y Electrónica, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Ctra. Valencia Km.7, 28031, Madrid, España (emails: {sergio.lopez, antonio.cruiz, jesus.arriaga}@upm.es)

Por su parte, el concepto de laboratorio remoto es ampliamente conocido en los ámbitos industriales y docentes desde hace ya más de una década, y se centra de forma básica, en la posibilidad de realizar prácticas o experimentos sobre sistemas reales a través de Internet. La utilidad de estos laboratorios ha sido discutida por muchos investigadores [7], [8], [9] y ha originado muchas publicaciones de cuya lectura se puede deducir que no hay una conclusión evidente, porque tampoco hay unos criterios claros para su evaluación.

Para unos, los laboratorios no presenciales pueden actuar como refuerzo del aprendizaje y para otros como inhibidores. Hay defensores y detractores para cada tipo de laboratorio y la razón de esta aparente heterogeneidad es que a veces, las tomas de posición se realizan sin demasiadas evidencias empíricas o sin unos criterios de referencia previamente establecidos [10]. Tampoco ha faltado la presentación de resultados desde la óptica de la defensa o el ataque de una opción u otra como si los laboratorios no presenciales fueran incompatibles con los laboratorios presenciales.

Resulta de interés el establecer comparaciones entre los diferentes tipos de laboratorios, pero en estos momentos, parece aún de mayor interés el analizar cómo se pueden complementar y cómo se pueden conseguir los mismos resultados de aprendizaje con metodologías y recursos diferentes.

A partir de este punto, los investigadores debemos de ser capaces de avanzar en cómo se puede enriquecer el escenario docente que ofrece cada tipo de laboratorio y cómo, cada uno, en su ámbito específico puede mejorar la efectividad del aprendizaje, entendido como un proceso dialéctico sometido a los avances tecnológicos, pero también a la demanda social de formación, a la evolución de los resultados de aprendizaje y a las posibilidades de cada contexto educativo.

Con este propósito se presenta en la siguiente sección una reflexión sobre las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades que caracterizan los laboratorios remotos frente a los laboratorios presenciales.

En la tercera sección se presenta la plataforma eLab3D, incluyendo una breve descripción relacionada con las tecnologías involucradas en el desarrollo de la plataforma y las posibilidades educativas que puede ofrecer. La plataforma eLab3D permite, a través de Internet en un entorno virtual 3D, el control de los instrumentos típicos de un laboratorio de electrónica y la interacción real, manipulando cables y conectando componentes, con diferentes placas de circuitos electrónicos.

La cuarta sección presenta varias experiencias docentes centradas en el uso de eLab3D y realizadas en los ámbitos de la enseñanza superior y secundaria.

Por último, la sección de “Conclusiones” destaca los resultados de las experiencias y avanza algunas reflexiones sobre futuros trabajos y mejoras.

II. UNA REVISIÓN DE LAS FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LOS LABORATORIOS REMOTOS

Es frecuente encontrar en los artículos sobre laboratorios remotos un énfasis en destacar los "puntos fuertes" que posteriormente, son mejor o peor justificados y avalados con encuestas de estudiantes. Esto, sin duda, aporta una información válida pero debe ser completada con otras reflexiones en las que se ponga de manifiesto los “puntos débiles”, los posibles recorridos de mejora, los retos a los que se enfrenta y las soluciones que cada alternativa sugiere. Con el objetivo de recoger de forma equilibrada las fortalezas y debilidades de los laboratorios remotos se ha revisado la literatura [10], [11], [12], [13], [14], [15] y se ha elaborado, en base a la reflexión y experiencia propia la siguiente relación:

a) Fortalezas

- Disponibilidad 24 x 7, lo que repercute en un mejor aprovechamiento de los equipos y espacios de laboratorio.
- Flexibilidad en la programación, facilidad para reutilizar y compartir recursos y versatilidad para adaptarse a diferentes perfiles de usuarios, no necesariamente universitarios ni del entorno académico.
- Accesibilidad desde cualquier lugar geográfico sin penalización.
- Capacidad para dar una nueva visión del experimento al usuario, facilitándole aproximarse a situaciones que en la vida real pudieran ser peligrosas, complejas, suceden a una velocidad excesivamente rápida o lenta, o a fenómenos que no resultan fácilmente visibles.
- Generación automática de información sobre la actividad de los usuarios que facilita su seguimiento y permite detectar las dificultades de aprendizaje.
- Interés global por la formación mediada por Internet con iniciativas impulsadas por organismos nacionales e internacionales y por las instituciones más prestigiosas, siendo un ejemplo de ello los actuales MOOC's.

b) Debilidades

- Dificultad, cuando no imposibilidad, de desarrollar capacidades relacionadas con el diseño: Creatividad, resolución de problemas abiertos,..
- Débil contacto con los dispositivos, circuitos y sistemas reales, lo que puede originar una concepción simplista de la realidad.
- Dependencia del administrador, profesores y usuarios de recursos informáticos y telemáticos y de su evolución. Con frecuencia exige el aprendizaje previo de un entorno nuevo que actúa de interface con el laboratorio.
- Pobres referencias y escasas buenas prácticas del uso de laboratorios remotos. Con frecuencia el software de diferentes opciones no es compatible.
- Importante inversión inicial. Este aspecto negativo debe ser considerado en términos absolutos y no en comparación del coste que podría suponer una instalación nueva equivalente de un laboratorio presencial.

c) Oportunidades

- Facilita la colaboración entre instituciones, compartiendo recursos, federando laboratorios, estableciendo planes de mejora conjuntos,..
- Ofrece mayores posibilidades para adaptar el acceso a personas con ciertas discapacidades físicas.
- Posibilita generar entornos enriquecidos que motiven al estudiante mediante la asociación de otros recursos de aprendizaje mediados por Internet.
- Presenta una mayor flexibilidad para su escalabilidad y el desarrollo incremental de sus capacidades.
- Permite dar mayor visibilidad nacional e internacional a la Institución que ofrece el laboratorio.

d) Amenazas.

- Genera sensación de aislamiento en el estudiante.
- Dependencia en una primera fase del apoyo firme institucional para no condicionar su futura estabilidad.
- Riesgo de que los errores cometidos por un usuario afecte al sistema. Equilibrio entre la libertad del usuario de cometer errores [16] y la protección de los equipos.

En este escenario, el diseño de la plataforma eLab3D ha buscado superar algunos de los aspectos que han sido destacados como “debilidades” o “amenazas” y consolidar los aspectos más positivos de este tipo de alternativas. En concreto, entre los objetivos básicos que se han considerado a la hora de desarrollar la plataforma eLab3D merecen especial atención los siguientes:

- Proporcionar una elevada sensación de realismo gracias a la utilización de un mundo virtual 3D y a la forma de manipular todos los objetos relacionados con el laboratorio (instrumentos, cables, componentes, placas, etc.).
- Reducir la sensación de aislamiento y facilitar la interrelación entre estudiantes y profesores permitiendo el aprendizaje cooperativo.
- Incrementar la motivación y el interés de los estudiantes en el aprendizaje. La utilización de avatares les resulta muy familiar al estar acostumbrados a usarlos cuando juegan en sus casas con sus consolas. Por tanto, la actividad educativa puede verse beneficiada al estar relacionada con las actividades lúdicas de los estudiantes.
- Potenciar el aprendizaje activo. El estudiante no asume un rol pasivo sino que en todo momento debe tomar decisiones que influyen en su aprendizaje, como son la elección de la placa de pruebas, la selección de los componentes apropiados, el montaje

de los mismos en la placa, la configuración de los instrumentos, la toma de medidas y la valoración de las mismas.
- Agilizar los tiempos de respuesta del sistema para conseguir una interactuación ágil con los circuitos y el equipamiento.

III. DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA PLATAFORMA ELAB3D

Para desarrollar la plataforma eLab3D se han tenido en cuenta diversos aspectos tecnológicos y pedagógicos de acuerdo con lo descrito en el apartado anterior. En el ámbito tecnológico se han requerido conocimientos específicos en el diseño de sistemas automáticos de medida, el diseño hardware de sistemas electrónicos y el diseño de aplicaciones software optimizadas para que permitan el control, la comunicación y el acceso al laboratorio remoto [17]. En el ámbito pedagógico ha sido fundamental la experiencia en el campo del eLearning para conseguir definir los objetivos de aprendizaje adecuados según las competencias que se deban alcanzar mediante la realización de experimentos en un laboratorio relacionado con la ingeniería [1]. Hay que destacar que la plataforma se basa en dos tecnologías, los laboratorios remotos y los entornos inmersivos de aprendizaje, consideradas entre las tecnologías emergentes que más van a influir en los próximos años en el ámbito educativo de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas [18]. Teniendo en cuenta que nuestro interés se ha centrado en el área de la electrónica se tomaron como referencia otros laboratorios remotos específicos de esta área [19], [20] y [21].

A. Arquitectura

En la figura 1 se muestra la arquitectura de la plataforma eLab3D que está formada por un conjunto de elementos hardware y aplicaciones software. Los elementos hardware están constituidos por los bloques denominados "Instrumentos" y "Experimento" representados en la figura 1.

El bloque Instrumentos incluye los aparatos típicos que se utilizan en un laboratorio de electrónica: una fuente de alimentación, un generador de señales, un osciloscopio y un multímetro. Todos ellos se controlan, mediante interfaces GPIB y USB, por el servidor del laboratorio. El bloque Experimento está constituido por un sistema modular que incluye un módulo base, que se comunica mediante USB al servidor y que dispone de una serie de "slots" donde se conectan los diferentes módulos de experimentos. Estos últimos incluyen los circuitos electrónicos, configurables de forma dinámica, que permiten la realización de las diferentes prácticas. Actualmente se dispone de módulos de prácticas para poder realizar experimentos con circuitos basados en componentes pasivos, diodos, transistores y amplificadores operacionales.

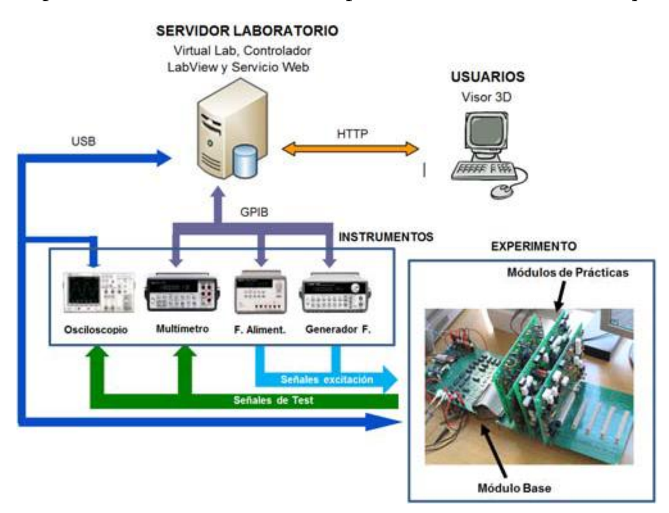


Figura 1. Arquitectura de eLab3D

B. Aplicaciones Software

Las aplicaciones software necesarias para el funcionamiento de la plataforma eLab3D se muestran en la figura 2.

La funcionalidad básica de cada una de las aplicaciones se describe a continuación:

- Visor 3D: aplicación de libre distribución que utiliza el estudiante para poder acceder al mundo virtual 3D (Virtual Lab). Cada estudiante dispone de un "avatar" y con él puede comunicarse con otros avatares e interaccionar con los objetos del mundo virtual. El visor que se utiliza actualmente es Firestorm[1].
- Virtual Lab: mundo virtual que se ha desarrollado mediante la plataforma de código abierto Opensim[2]. Controla todas las acciones que realizan los avatares ejecutando el código asociado a cada objeto (script) sobre el que actúa cada estudiante. Los scripts están desarrollados mediante el lenguaje LSL (Linden Scripting Language). El mundo virtual se ha creado intentando emular un entorno lo más cercano posible a la realidad. Contiene como elemento principal un edificio en el que están construidas diferentes estancias: salas de laboratorio, salas de video, salas de reuniones, etc. En las salas de laboratorios, lugar donde habitualmente realizarán sus actividades los estudiantes, existen varios puestos de trabajo. En cada puesto de trabajo (figura 3) cada estudiante dispone de los instrumentos y del material necesario para realizar las diferentes prácticas, incluyendo las placas de prueba (figura 4), cables y componentes (figura 5).
- Servicio Web: aplicación que se encarga de gestionar, mediante el protocolo HTTP, la comunicación entre el Virtual Lab y la aplicación Controlador LabView.
- Controlador LabView: aplicación desarrollada con el entorno de programación LabVIEW de National Instruments encargada de controlar las acciones que realiza cada estudiante, y de gobernar, en función de dichas acciones, los Instrumentos y el Experimento.

C. Modo de Operación

El modo de operación de un usuario en la plataforma eLab3D es muy similar al que realizaría en un laboratorio de electrónica presencial.

[1] http://www.firestormviewer.org/
[2] http://opensimulator.org

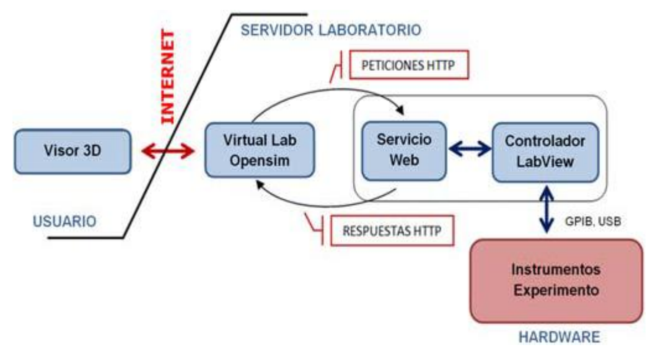


Figura 2. Aplicaciones software de eLab3D

La primera actuación del usuario es la reserva de un puesto de laboratorio. Junto a la puerta de cada laboratorio se encuentra un panel informativo con la ocupación de los puestos de laboratorio y un botón de reservas para poder formalizar la reserva de un puesto de laboratorio (figura 6). Cuando se toca dicho botón con el ratón aparecen una serie de menús que permiten seleccionar el día, hora y puesto de laboratorio.

Las reservas de los puestos siempre se realizarán por periodos de dos horas. También existe la posibilidad de cancelación de reservas. No existe, por el momento, limitación en cuanto al número de reservas que puede realizar un mismo usuario. Sin embargo, si se observa que un usuario realiza un número excesivo de reservas, los administradores del sistema podrán anular las reservas de dicho usuario que consideren oportunas.

El sistema de reservas avisa al usuario cuando faltan diez, cinco y un minuto para terminar la sesión de dos horas reservada y así poder dejar recogido el puesto de laboratorio para el siguiente usuario.

Una vez reservado un puesto de laboratorio, el usuario puede acceder al mismo y comenzar a realizar el experimento. En primer lugar deberá elegir la placa de pruebas con la que va a trabajar, seleccionada en función del tipo de circuito que vaya a montar y testear (figura 4). Con la placa de pruebas sobre la mesa podrá realizar el montaje de los componentes y realizar las conexiones de los cables entre la placa y los diferentes instrumentos de excitación y medida (figura 3 y figura 4). Respecto al montaje del circuito es importante destacar que la plataforma está diseñada para que se permitan realizar circuitos cuyo funcionamiento no sea correcto, como ocurriría en un laboratorio presencial, siempre que dichos circuitos no causen daños en los componentes o a los equipos. En ese momento se le informa al estudiante sobre el error cometido. Una vez realizado el montaje del circuito y las conexiones de los cables el usuario podrá interaccionar con los diferentes instrumentos para testear el funcionamiento del mismo.

La plataforma está diseñada para que varios usuarios puedan interaccionar con los objetos de un mismo puesto de laboratorio y permitir el trabajo colaborativo. Todas las acciones que realiza el usuario en un puesto de laboratorio, relacionadas con un experimento, se registrarán en una base de datos para que puedan ser consultadas por los profesores en las tareas de evaluación. Cualquier usuario puede colaborar con otro en la realización de una práctica utilizando las herramientas de comunicación incorporadas en el visor 3D.



Figura 3. Puesto de Laboratorio



Figura 4. Conexiones en una placa de pruebas.



Figura 5. Armario con las diferentes placas de experimentación y cajones con los diferentes componentes electrónicos.

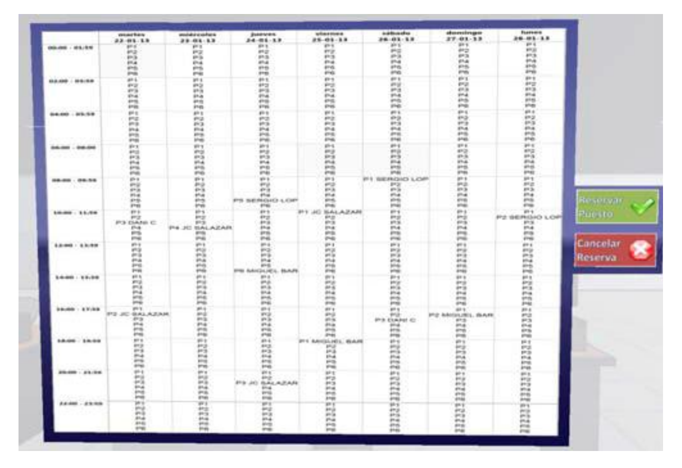


Figura 6. Tablón de reserva de puestos de Laboratorio



a) Edificio y parque de esparcimiento



b) Sala de videos



c) Sala de reuniones



d) Laboratorio de Electrónica Analógica

Figura 7: Diferentes vistas del entorno de trabajo del laboratorio eLab3D

D. Entorno de trabajo y aspectos técnicos.

El laboratorio eLab3D está construido en una región o isla que incluye el edificio principal del laboratorio, el terreno que rodea al edificio y un pequeño parque de esparcimiento (figura7.a). Ubicado en el centro de la isla se encuentra el edificio que alberga las aulas de los diferentes laboratorios.

Actualmente el edificio consta de dos plantas. En la planta baja existe un hall y varias salas: laboratorio de Diseño de circuitos y laboratorio I de Electrónica Analógica, sala de videos (figura 7.b) y sala de I+D. En la primera planta se encuentra una sala de reuniones (figura 7.c) y el Laboratorio II de Electrónica Analógica (figura 7.d).

Los Laboratorios de Electrónica Analógica disponen de doce puestos de laboratorio que podrán ocupar los usuarios, haciendo la reserva previa permitiéndoles trabajar simultáneamente realizando la misma o diferentes prácticas de laboratorio. Todos los puestos pueden estar funcionando simultáneamente sin producir sensación de retardo entre los usuarios.

Respecto a los requisitos técnicos necesarios para trabajar con la plataforma eLab3D sólo es necesario un ordenador con una tarjeta gráfica que permita trabajar adecuadamente con imágenes 3D, una conexión a Internet con un ancho de banda superior a 10Mb/s y el visor3D apropiado al sistema operativo que se utilice (Windows, MaC o Linux).

IV. EXPERIENCIAS DE USO

Para valorar las posibilidades docentes de la plataforma eLab3D se decidió planificar varias experiencias en las que participaron diferentes colectivos de estudiantes y profesores de enseñanza universitaria y secundaria. Todos ellos de formación presencial. A continuación se presentan las experiencias y en el apartado de Conclusiones se comentan los resultados más relevantes obtenidos en las mismas.

A. Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación (ETSIST-UPM)

Entre noviembre de 2012 y febrero de 2013 un conjunto de 16 estudiantes de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid y 9 profesores vinculados al área de la electrónica utilizaron la plataforma eLab3D para realizar una serie de actividades prácticas y completar, una vez finalizadas dichas actividades, una encuesta en la que se les solicitaba su valoración personal. A los estudiantes participantes sólo se les exigió como requisito haber cursado la asignatura de Análisis de Circuitos.

Las actividades que se propusieron en la experiencia consistieron en la lectura de un manual de usuario, que incluía una descripción inicial básica del entorno y un tutorial guiado con una serie de ejercicios prácticos, y en la realización de una práctica virtual. En dicha práctica virtual se realizaron las siguientes tareas:

1. Determinar la influencia de la impedancia de salida del generador de señales mediante el circuito de la figura 8.

2. Determinar la influencia de la impedancia de entrada del osciloscopio mediante el circuito de la figura 9.

3. Analizar el funcionamientode un circuito RC mediante el circuito de la figura 10.

4. Detectar una avería en el circuito electrónico (filtro paso alto) de la figura 11.

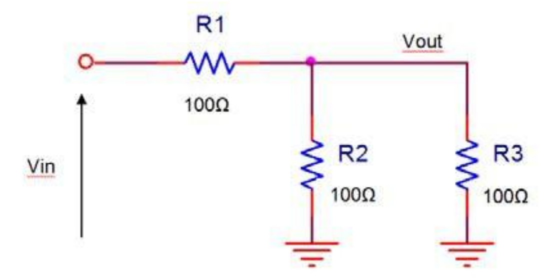


Figura 8. Circuito para realizar actividad 1

La encuesta que completaron los participantes contenía 50 cuestiones que podían ser valoradas entre 1 (nada de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo). Las cuestiones se seleccionaron y agruparon para poder valorar los siguientes factores: facilidad de utilización, fiabilidad de la plataforma, percepción de inmersión, aprendizaje percibido, utilidad y satisfacción. Los resultados que se obtuvieron se muestran en la Tabla I.

B. *Centros de Enseñanza Secundaria*

Con la colaboración de profesores de enseñanzas previas a la Universidad se organizaron tres experiencias diferentes en tres escenarios distintos:

a) Instituto de Enseñanza Secundaria García Morato (Madrid)

- Curso: Primero de Bachillerato[3]
- Asignatura: Tecnología Industrial I.
- Número de alumnos participantes: 12
- Local de realización: Taller-Laboratorio y Aula de Informática.
- Metodología: Trabajo cooperativo en los puestos de laboratorio supervisado por el profesor.
- Tiempo dedicado: 3 sesiones presenciales de una hora.
- Actividades: Se utilizó eLab3D como complemento para verificar el funcionamiento de circuitos electrónicos básicos. El profesor orientó y supervisó en todo momento las acciones de los estudiantes en el mundo virtual.

b) Instituto de Enseñanza Secundaria María Zambrano (Leganés, Madrid)

- Curso: Segundo de Bachillerato.
- Asignatura: Tecnología Industrial II.
- Número de estudiantes participantes: 5, de forma voluntaria.
- Local de realización: Aula de Informática.
- Metodología: Trabajo autónomo del estudiante.
- Tiempo dedicado: 1 sesión presencial de una hora y el tiempo variable que cada estudiante necesitó para completar las actividades.
- Actividades: Tras una sesión de demostración de uso de la plataforma por parte del profesor, los estudiantes, cada uno a su ritmo y de forma autónoma, realizaron las cuatro tareas descritas en la práctica virtual que se propuso en la experiencia llevada a cabo en la ETSIST.

TABLA I
RESULTADOS EXPERIENCIA ETSIST Media (Desv.tip)

	Estudiantes	Profesores
Facilidad de utilización	3,8(0,6)	3,9(0,2)
Fiabilidad	4,2(0,5)	4,3(0,7)
Percepción de inmersión	3,9(0,4)	4,2(0,4)
Aprendizaje percibido	3,2(1,3)	4,7(0,3)
Utilidad	4,2(0,5)	4,6(0,2)
Satisfacción	4,3(0,5)	4,7(0,5)

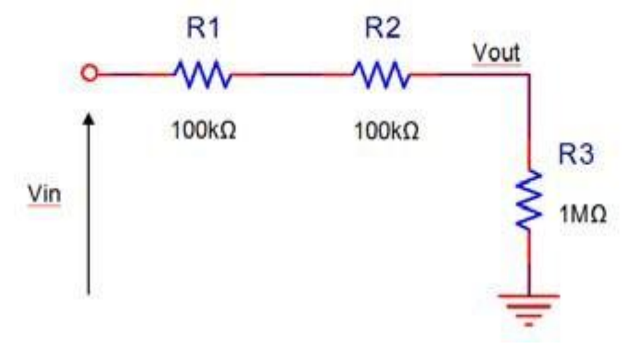


Figura 9. Circuito para realizar actividad 2

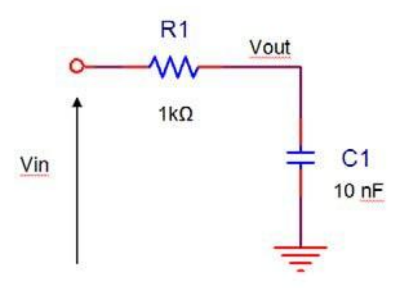


Figura 10. Circuito para realizar actividad 3

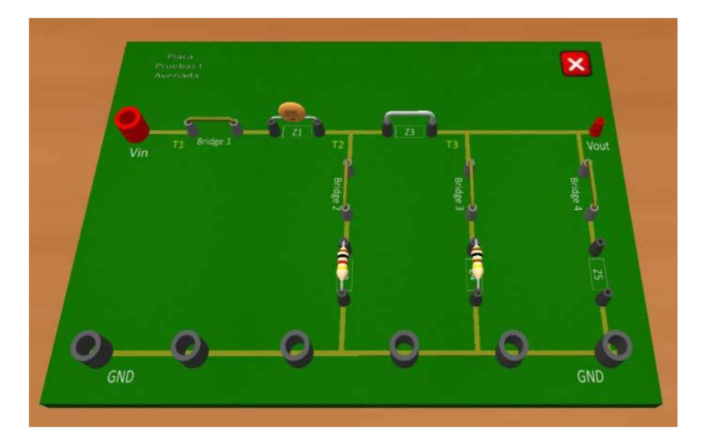


Figura 11. Circuito para realizar actividad 4

c) Instituto de Enseñanza Secundaria Satafi (Getafe, Madrid)

- Curso: Primero del Ciclo Formativo de Grado Superior Desarrollo de Productos Electrónicos.
- Asignatura: Electrónica Analógica.
- Número de estudiantes participantes: 5
- Local de realización: Taller-laboratorio y Aula de Informática.
- Metodología: Trabajo autónomo del estudiante.
- Tiempo dedicado: 1 sesión presencial de una hora y el tiempo variable que cada estudiante necesitó para completar las actividades.
- Actividades: El profesor mediante un video demostrativo presentó el funcionamiento de eLab3D. Posteriormente los estudiantes, de forma autónoma, completaron un tutorial para

[3] Se puede consultar el siguiente enlace para conocer el organigrama del sistema educativo español: http://www.educa.jccm.es/es/sistema-educativo/estructura-sistema-educativo

familiarizarse con el manejo de los instrumentos y realizaron la práctica virtual que se propuso en la experiencia llevada a cabo en la ETSIST.

La implicación directa de los profesores y el número de alumnos que participaron en cada uno de los tres Centros permitió un análisis cualitativo de los resultados basados en "grupos focales", con el fin de poder contextualizar y profundizar mejor en los diferentes factores.

V. CONCLUSIONES

La plataforma eLab3D es un recurso educativo que ofrece múltiples posibilidades en el ámbito de la enseñanza de la electrónica en complemento con otros laboratorios presenciales. La versatilidad de elab3D, reflejada en varias de las experiencias que se han realizado hasta el momento, permite pensar que su uso aporta mejoras y enriquece los procesos de enseñanza-aprendizaje vinculados a la educación secundaria y superior.

El análisis de la experiencia desarrollada en la ETSIST reflejó que la fiabilidad del entorno fue muy elevada, aspecto muy importante para evitar el rechazo por parte de los estudiantes. Esto se manifestó en un escaso porcentaje de abandonos en las experiencias realizadas, a pesar de que el manejo del interfaz gráfico requiere una cierta destreza para moverse en el mundo virtual, que no todos los alumnos tienen inicialmente.

Otro aspecto que se destacó fue la elevada capacidad del mundo virtual para replicar los elementos y el ambiente de un laboratorio real. Destacó la convicción por parte del usuario de estar realizando un experimento real y no una simulación por ordenador, objetivo básico perseguido por un laboratorio remoto. La percepción de inmersión también fue valorada positivamente aunque el formato de la experiencia no permitía evaluar de manera intensa las posibilidades de la plataforma respecto a este aspecto.

En cuanto al aprendizaje percibido por parte de los estudiantes, que obtuvo la menor valoración, conviene destacar que tras entrevistas personales que se mantuvieron con ellos con posterioridad se descubrió que en su valoración había influido el tipo de circuitos que se habían elegido para la experiencia, considerados por algunos de ellos como demasiado sencillos.

Respecto a la valoración bastante elevada de los factores utilidad y satisfacción contribuyó a apoyar la idea sobre las posibilidades de la plataforma relacionadas con su capacidad para aumentar la motivación y el interés en los estudiantes.

El análisis cualitativo de las experiencias en los institutos de Enseñanza Secundaria permitió sacar conclusiones de los puntos fuertes y débiles de la plataforma en su uso como recurso educativo. Como aspectos positivos se destacaron los siguientes:

- Se trata de un entorno innovador que fomenta la motivación y el interés en los estudiantes.
- Se facilita el acceso a profesores y estudiantes aun equipamiento con prestaciones superiores al que disponen en sus centros.
- Se puede utilizar para afianzar los conocimientos teóricos que se imparten en las clases presenciales.
- Se puede utilizar en diferentes asignaturas o módulos del área de la electrónica.
- Se pueden utilizar locales adicionales a los talleres-laboratorios para poder completar las prácticas.

Como aspectos a mejorar se propusieron los siguientes:

- La calidad de la interacción con eLab3D es dependiente de las prestaciones del ordenador que se utilice, sobre todo las de la tarjeta gráfica que tenga instalada y el ancho de banda de la conexión a Internet disponible.
- Se debe dedicar un tiempo inicial para aprender a controlar la cámara del visor 3D que permite la visualización de los diferentes objetos del mundo virtual.
- Mayor disponibilidad de placas de pruebas no solo en el ámbito de la electrónica analógica sino también en el área de la electrónica digital.

Para finalizar conviene mencionar que la plataforma eLab3D está integrada en la red de laboratorios virtuales de la UPM. La idea de disponer de una red para compartir recursos de diferentes disciplinas, con acceso a la misma mediante visores 3D de libre distribución, es una propuesta sobre la que convendría profundizar ya que se podría conseguir, de una forma no muy costosa con el *Know-how* adquirido, que cualquier institución educativa pudiera acceder a dichos recursos.

Como trabajo futuro están previstas nuevas experiencias de uso en las que participen nuevas instituciones de enseñanza superior y secundaria. En dichas experiencias se intentará analizar el grado de adquisición de competencias prácticas asociadas a diferentes asignaturas de titulaciones de grado del área de la electrónica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento por la colaboración prestada en la realización de las diferentes experiencias a la profesora Olga López del IES García Morato de Madrid, al profesor José González del IES María Zambrano de Leganés (Madrid) y al profesor Julio Medina del IES Satafi de Getafe (Madrid).

REFERENCIAS

[1] L. Feisel and A. Rosa, "The role of the laboratory in undergraduate engineering education", *Journal of Engineering Education*, vol. 94, no.1, pp. 121-130, Jan. 2005

[2] N. J. Nersessian, "Conceptual change in science and in science education", In *History, Philosophy and Science Teaching, M.R. Matthews, Ed. OISE Press, Toronto, Canada, 133-148.* 1991

[3] G. D. Peterson and L.D. Feisel. E-Learning: The Challenge for Engineering Education. *Proceedings of the 2002 eTEE Conference* 11-16 August 2002 Davos, Switzerland.

[4] ABET: Criteria for Accrediting Engineering Programs. 2012

[5] Iniciativa "Conceive Design Implement Operate" (CDIO). Disponible en:http://www.cdio.org/

[6] ENAEE (2008) EUR-ACE. *Framework Standards for the Accreditation of Engineering Programmes.* Disponible en: http://www.enaee.eu/eur- ace-system/eur-ace-framework-standards

[7] J. García-Zubía y G. Alves (eds.), *Using Remote Labs in Education*, University of Deusto, Bilbao, 2011.

[8] Y.H. Elawady and A.S. Tolba, "*Educational objectives of different Laboratory Types: A Comparative Study*", IJCSIS, vol.6, no. 2, 2009.

[9] M. P. Clough, "*Using the laboratory to enhance student learning*". In Learning Science and the Science of Learning, R.W. Bybee, Ed. National Science Teachers Association, Washington, DC 85-97. 2002

[10] J. Ma and J.V. Nickerson, “Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review”, *ACN Computing Surveys*, vol.38, no. 3, Article 7, Sept. 2006.
[11] J. García-Zubía, D. Lopez-de-Ipiña y P. Orduña, “Evolving Towards Better Architectures for Remote Laboratories: A Practical Case”. *International Journal of Online Engineering,* Vol. 1, no. 2, pp. 1-11, Nov.2005
[12] C. Gravier, J. Fayolle, B. Bayard, M. Ates and J. Lardon, “State of the Art About Remote Laboratories Paradigms-Foundationsof ongoing Mutations”. *International Journal of Online Engineering*. vol.4, Issue 1, Feb. 2008
[13] R.C- Calle, C.J Río y N. F. Robaina, “Análisis DAFO de la utilidad de las Plataformas online para el entrenamiento de competencias de estudiantes universitarios”. EDUTEC. no. 42- Dec. 2012.
[14] D.B. Diez. “Laboratorio remoto de eficiencia energética integrado en redes de generación distribuida”. *Tesis Doctoral presentada en la Universidad Nacional de Educación a Distancia- España* en 2012.
[15] L. Gomes and S. Bogosyan, “Current trends in remote laboratories”, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 56, no. 12, pp. 4744-4756, Dec. 2009
[16] A. V. Fidalgo, G. R. Alves, M. A. Marques, M. C. Viegas, M. C. Costa- Lobo, U. Hernández, J. Gaercía Zubía y I. Gustavsson, “Adaptação de Laboratórios Remotos a Cenários de Ensino: Casos de Estudo com VISIR e RemotElectLab”,*VAEP-RITA*,vol.1, no. 2, pag 135-141, Jun2013
[17] A. Bagnasco et al., “A Modular and Extensible Remote Electronic Laboratory”, *International Journal of Online Engineering*, Vol. 1, no 1, pp. 1-6, Jun 2005
[18] L. Johnson, S. Adams, V. Estrada, and S. Martín. (2013). Technology Outlook for STEM+Education2013-2018: An NMC Horizon Project Sector Analysis. The New Media Consortium, Austin, Texas. http://www.nmc.org/pdf/2013-technology-outlook-for-STEM- education.pdf. 2014
[19] I. Gustavsson, “On remote electronics experiments”, in *Using Remote Labs in Education*, J. García Zubía and G. R. Alves (eds.), University of Deusto, Bilbao, 2011, pp. 157-176
[20] Z. Nedic and J. Machotka, “Remote laboratory NetLab for effective teaching of 1st year engineering students”, *International Journal of Online Engineering*, vol. 3, no. 3, 2007.
[21] M.J. Callagham, K. McCusker, J. Lopez, J. Harkim, and S. Wilson, “Using Game-Based Learning in Virtual Worlds to Teach Electronic and Electrical Engineering,” *IEEE Trans. Ind. Inform*. vol. 9, no. 1, pp.575-584, Feb. 2013



Sergio López Gregorio es Ingeniero Técnico en Equipos Electrónicos por la Universidad Politécnica de Madrid y Licenciado en Documentación por la Universidad Oberta de Cataluña. Actualmente es profesor titular en el Departamento de Sistemas Electrónicos y de Control de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Su investigación se centra en los Sistemas Automáticos de Medida, Laboratorios Remotos, Instrumentación virtual y eLearning.



Antonio Carpeño Ruiz es Ingeniero Técnico en Equipos Electrónicos por la Universidad Politécnica de Madrid y Doctor en Ciencias de la Educación por la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente es profesor titular en el Departamento de Sistemas Electrónicos y de Control de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Su investigación se centra en los Laboratorios Remotos, formación en entornos online, Microprocesadores y aplicaciones basadas en SoC y Linux empotrado.



Jesús Arriaga García de Andoaín es Doctor e Ingeniero de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Madrid. Actualmente es catedrático de escuela universitaria en el Departamento de Sistemas Electrónicos y de Control de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Ha sido adjunto al Vicerrector de Ordenación Académica y Planificación Estratégica desde 2004 a 2012. Es el actual Presidente de la Asociación TAEE (Tecnologías, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica). Su investigación se centra en el diseño curricular e inserción laboral en el ámbito de la ingeniería, en los sistemas de garantía interna de calidad del ámbito universitario y en la enseñanza mediada por Internet.

MODEBOTS: Entorno de Programación de Robots para Niños con Edades entre 4-6 Años

Kryscia Ramírez-Benavides, Luis A. Guerrero

Title— **MODEBOTS: Environment for Programming Robots for Children of 4-6 years old.**

Abstract—**Learning to program in early age helps children to develop some capabilities as logical thinking, problem solving and creativity. By incorporating robotics in programming children can learn in a concrete and funny way, collaborating with each other. The research project presented in this paper describes the first prototype that implement a programming environment for robots using mobile devices, for early childhood children - 4 to 6 years old. This prototype is fully functional and allows bluetooth communication one by one. We expect our research will contribute to Human-Computer Interface field, providing a new interface to support the learning process of programming in preschoolers' kids.**

Index Terms—**early childhood, first prototype, mobile devices, programming environment, programming learning process, robotics.**

I. Introducción

LA era digital ha provocado que las recientes generaciones sean nativos digitales; ya que han crecido rodeados de las tecnologías de la era digital, lo que los ha convertido en usuarios expertos de las mismas [1].

Asimismo, la programación y la robótica han permitido el aprendizaje de conceptos complejos de una manera concreta y lúdica [2], facilitando el aprendizaje en áreas como matemáticas, ciencias e ingeniería, áreas de gran importancia para lograr el desarrollo tecnológico y educativo de los países [3]. Esto permite que los niños y los jóvenes puedan desarrollar competencias claves para alcanzar el éxito en la vida profesional y personal, según el modelo de las habilidades más importantes para el Siglo XXI [4].

En este documento se describe la creación de un entorno de programación en dispositivos móviles para programar robots, orientado a niños de edad prescolar (entre 4 y 6 años), con el objetivo de que los niños, desde muy temprana edad, desarrollen la parte cognitiva lógica, para que puedan resolver problemas simples de forma organizada.

En la sección 2 se discute la importancia de la programación en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los niños. En la sección 3, se discute sobre la utilización de la robótica, conjuntamente con la programación, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los niños. En la sección 4, se muestra la evolución de los entornos de programación orientados a niños. Seguidamente, en la sección 5 se plantea el problema de la investigación propuesta. En la sección 6 se describe el primer prototipo desarrollado en esta investigación. Por último, en la sección 7 se presentan algunas conclusiones y trabajo futuro.

Kryscia Ramírez-Benavides, Escuela de Ciencias de la Computación e Informática, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica (e-mail: kryscia.ramirez@ucr.ac.cr).

Luis A. Guerrero, Escuela de Ciencias de la Computación e Informática, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica (e-mail: luis.guerrero@ecci.ucr.ac.cr).

II. La Programación en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje

A medida que se avanza hacia un mundo donde la tecnología controla cada vez más nuestras vidas, el incorporar la habilidad de programar en el proceso de enseñanza-aprendizaje desde muy temprana edad se vuelve muy importante, ya que ayuda a desarrollar el pensamiento abstracto y a pensar de una forma más ordenada [5], [6]. La programación se convierte en una plataforma para mostrar la creatividad, especialmente en la resolución de problemas.

Papert describe la importancia de la programación como una herramienta para reflexionar sobre el propio pensamiento, ya que desarrolla un amplio conjunto de capacidades interconectadas, como articulación del problema, trabajo en equipo, persistencia, y otras habilidades esenciales que se necesitan en la vida [7], explicando cómo las computadoras pueden ayudar a los niños a aprender activamente y crear conocimiento.

Además, Papert introduce el concepto de construccionismo, al cual lo define como una extensión del concepto de constructivismo dado por Jean Piaget. El construccionismo se centra en cómo las interacciones con las tecnologías pueden promover el desarrollo social y cognoscitivo, por lo que propone que la tecnología se combine con el constructivismo. Esta combinación permitirá a los estudiantes oportunidades para diseñar, construir y programar proyectos de significado personal, añadiendo un componente afectivo que motivará el proceso de enseñanza-aprendizaje en los niños [7], [8].

A partir de aquí, Papert desarrolla el lenguaje Logo en 1970, que en 1980 adquiere gran popularidad en el mundo. Debido a la popularidad de Logo, en 1988 la Fundación Omar Dengo (FOD) inicia en Costa Rica el Programa de Informática Educativa, apoyado por el Ministerio de Educación Pública de Costa Rica e IBM América Latina. Este programa pone a Logo en manos de la mayoría de los estudiantes y profesores de primaria de Costa Rica, y un proyecto posterior hizo lo mismo con los estudiantes de secundaria [9]. La FOD ya tiene 25 años desarrollado el programa de Informática Educativa en escuelas y colegios públicos de Costa Rica.

Por otra parte, existen varios investigadores que han estudiado la utilización de robots en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los niños, logrando que los niños programen y construyan robots para alcanzar contenidos

curriculares específicos. Dichos estudios han generado buenos resultados. En la siguiente sección se enuncian algunos investigadores y los resultados obtenidos de sus estudios.

III. Utilización de Robots en la Educación

Bers afirma que el uso de la robótica puede ser una poderosa herramienta práctica en niños pequeños, para aprender sobre ciencia, ingeniería y matemáticas. Bers explica un paralelismo entre el uso de la robótica durante los primeros años de escolaridad y el desarrollo de las habilidades que los estudiantes necesitan en el siglo XXI. Estas habilidades serán críticas para el éxito en el futuro de los nativos digitales: pensamiento creativo, claridad en la comunicación, análisis sistemático, colaboración efectiva, diseño reiterativo y aprendizaje continuo [2].

El uso de la robótica permite a los niños explorar conceptos complejos de una manera concreta y lúdica, involucra habilidades sensomotoras y socio-emocionales fundamentales para el sano desarrollo de los niños pequeños, proporciona el ambiente de aprendizaje libre de ideales y el uso principal de la curiosidad natural de los niños para aprender a construir y programar [2], [10].

Por otra parte, diversos autores coinciden en que las habilidades básicas que se desarrollan con la participación en cursos o talleres de robótica tales como el diseño, la construcción y la optimización de modelos robóticos permiten adquirir habilidades fundamentales de ingeniería, que a su vez inciden en el logro de habilidades de otras disciplinas como lenguajes matemáticos, análisis de datos y trabajo en equipo [4], [7], [11], [12].

Asimismo, en diversas latitudes, particularmente en países desarrollados, se ha utilizado la robótica y la programación para el logro de estándares de aprendizaje en áreas identificadas (ya citadas) cómo claves para lograr el desarrollo tecnológico y educativo de los países [7], [11], [12]. En este sentido, también se ha evidenciado que muchos estudiantes (tanto de primaria como secundaria) que terminan programas en robótica continúan con una carrera en ingeniería [11].

Algunas de las habilidades que promueve la participación en programas de robótica se refieren a pensamiento crítico y resolución de problemas, colaboración y liderazgo, agilidad y adaptabilidad, iniciativa y emprendedurismo, acceso y análisis de información, y curiosidad e imaginación [7].

Todo lo anterior redunda en la posibilidad de que los jóvenes puedan desarrollar competencias clave para alcanzar el éxito en la vida profesional y personal. Según el modelo de las habilidades para el Siglo XXI, esas habilidades refieren a pensamiento superior o sofisticado, resolución flexible de problemas, habilidades de comunicación y colaboración, todo ello a través del uso y apropiación de las tecnologías [4].

En Costa Rica se ha observado que niños, niñas y adolescentes que participan en programas de robótica adquieren habilidades referidas a la resolución de problemas, construcción de sistemas mecánicos y la construcción y control de prototipos robóticos de invención propia [13]. Asimismo, desarrollan habilidades en áreas sociales como el trabajo en equipo, la comunicación de procesos de pensamiento y la divulgación de resultados. Todas estas habilidades buscan superar la brecha digital y generar intereses e inquietudes que en el mediano y largo plazo puedan materializarse en el desarrollo profesional de las nuevas generaciones [13], [14].

En resumen, la robótica combina las posibilidades físicas y creativas de construir y manipular objetos, con las experiencias de resolución de problemas y la colaboración, para aprender a programar los objetos y moverlos como se desee.

En la siguiente sección se muestra la evolución de diferentes entornos de programación orientados a niños, algunos son para programar robots.

IV. Evolución de Entornos de programación Orientados a Niños

En la década de 1970, Papert y sus estudiantes del MIT iniciaron la investigación de métodos para introducir a los niños en la programación. Esta investigación inicial llevó a la creación del lenguaje de programación Logo y la conocida tortuga que se movía por el suelo en respuesta a los comandos simples de este lenguaje, como adelante, atrás, izquierda y derecha. Lograron que Logo quedara relativamente libre de las reglas sintácticas que hacen difícil el aprendizaje de la programación en niños [8], [15].

Como parte de este lenguaje, se tenía una tortuga Logo de piso, que era una estructura con una pluma para dibujar figuras en una hoja grande de papel colocada en el suelo. Los niños aprendieron a enseñarle a la tortuga a dibujar formas básicas, como triángulos, cuadrados, círculos, e incluso letras. La tortuga también podría recibir instrucciones para dibujar formas complejas dibujando varias veces formas más simples, girando un poco antes de cada repetición [15].

Logo adquirió gran popularidad a principios de 1980, cuando los ordenadores personales (especialmente el Apple II) se hicieron comunes en las escuelas. Sin embargo, pocas tortugas robóticas llegaron a la escuela ya que los robots demostraron ser caros y poco fiables. Los investigadores del MIT temporalmente se apartaron de este enfoque, y desarrollaron la tortuga de la pantalla: una representación de la tortuga de suelo, pero en la pantalla del ordenador [15], [16].

Logo llegó a ser un lenguaje basado en escritura con instrucciones muy fáciles de aprender. El resultado de cada instrucción, se veía plasmado en el recorrido efectuado por un “robot” (popularmente una tortuga virtual) [17].

A partir de 1985, inspirados en Logo, se comenzó a crear diferentes entornos de programación orientados a niños para ser utilizados en el ambiente educativo.

Varios entornos han sido versiones mejoradas de Logo con ciertas innovaciones, como LogoWriter [17], LEGO Logo [18], MicroMundos (con sus diferentes versiones) [19], LogoBlocks [18], StarLogo [20], StarLogo TNG [21].

Otra innovación que surge del proyecto LEGO Logo fue el ladrillo programable LEGO, que tiene su propio entorno de programación, y los programas se ejecutan de forma autónoma para crear un robot inteligente [18]. LEGO comercializó en 1994 el ladrillo programable RCX que se programaba por medio del software RoboLab. En el año 2006 se comercializa el ladrillo NXT de LEGO Mindstorms, el software de NXT se basa en *National Instruments' Lab*

VIEW, que permite arrastrar iconos y soltarlos en la pantalla principal del programa para utilizarlo [22]. En septiembre del 2013 se comercializa el ladrillo EV3 de LEGO Mindstorms, en esta versión se puede controlar el ladrillo mediante un control remoto (incluido en el kit) y una aplicación móvil llamada "*Robot Commander*" (disponible para dispositivos iOS y Android) [23]. Además, LEGO tiene el set WeDo, diseñado en el 2005, con un software fácil de usar basado en íconos [24], [25].

También se han desarrollado versiones más pequeñas del ladrillo programable, llamados *crickets*. Estos ladrillos se desarrollaron comercialmente como el nombre Pico-Cricket con su entorno de programación PicoBlocks [26]. Sin embargo, este ladrillo se encuentra descontinuado hace aproximadamente 4 años.

Por otra parte, se han desarrollado otros tipos de entornos de programación, como Etoys [27], [28], Alice [29], [30]; Scratch (desarrollado por *Media Lab* del MIT) [31]; miniBloq y RobotGroup [32]; la aplicación KineScript (para iPad, está inspirado en Scratch de la *MIT Media Lab*) [33].

Debido a la popularidad de Scratch, la programación por bloques se ha generalizado y se utiliza en muchas aplicaciones. En el 2010 se desarrolla Enchanting, entorno de programación para LEGO Mindstorms NXT que permite a los niños programar robots LEGO Mindstorms NXT basado en Scratch y BYOB/Snap!, y es soportado por leJOS NXJ (Java para el NXT).

Los entornos citados hasta ahora están dirigidos a niños mayores de 6 años (ver Cuadro 1), debido al tipo de interfaz implementada, ya que requiere poder leer para utilizarlos. En el Cuadro 2 se muestra un resumen de dichos entornos de programación en relación al tipo de comandos, si controla robots, si es *open source* y la fuente de enlace.

Los entornos de programación dirigidos para los niños de la primera infancia (entre 4 y 6 años), como se observa en el Cuadro 1, son pocos. Según la revisión bibliográfica que se llevó a cabo, estos entornos se comenzaron a desarrollar desde el año 2009. Se presenta un breve resumen de dichos entornos de programación.

En el 2009, los investigadores de la *Tufts University* han desarrollado el sistema CHERP (*Creative Hybrid Environment for Robotic Programming*), es un entorno híbrido creativo para programación robótica que permite a los niños a programar con enclavamiento bloques de madera [34]. Los niños utilizan los bloques y los programas de computadora que utilizan los iconos de los bloques para representar las acciones de los robots a realizar.

Desde el año 2011 se comenzó el proyecto ScratchJr, que es liderado por Marina Umaschi Bers y su grupo de investigación *DevTech* en la *Tufts University* y Mitch Resnick del *Lifelong Kindergarten* del MIT *Media Lab* [35]. Este proyecto pretende desarrollar y estudiar la próxima generación de tecnologías innovadoras y materiales curriculares para la educación de la primera infancia (orientadas a niños de 5+ años). Aún no se ha publicado una versión, tienen pensando ofrecer un prototipo a fines del 2014.

En el 2012, se desarrolla en la *Tufts University* el kit robótico KIWI (*Kids Invent With Imagination*), que se combina con el entorno CHERP para enseñar programación, robótica e ingeniería en las aulas de la primera infancia [36].

En abril del 2012 se ofrece en el *App Store* de Apple la aplicación *Move The Turtle* de la empresa *Next is Great*, es una aplicación para iPhone y iPad que enseña a los niños los fundamentos de la creación de programas informáticos, usando comandos gráficos intuitivos. Esta aplicación es una versión de LOGO para dispositivos móviles de Apple. Está orientada a niños de 5 o más años para la programación básica, y a niños entre 9 y 12 años para la programación avanzada [37].

En junio del 2012 se lanza Kodable, una aplicación para iPad que pretende enseñar a programar a niños de 5+ años, siendo un lenguaje de programación basado en íconos [38]. Los creadores de esta aplicación son Grechen Huebner y Jon Mattingly de la empresa *SurfScore*, *Smeeborgian Central Intelligence*. Esta aplicación trata de enseñar los conceptos fundamentales de programación y lógica, mediante comandos de arrastrar y colocar para llevar a un personaje de un punto inicial a un punto final [39].

En septiembre del 2013, Dan Shapiro da a conocer un juego de mesa *Robots Turtles* (inspirado en Logo) que enseña de forma lúdica los fundamentos de programación a niños entre 3-8 años [40]. Este juego trata, mediante tarjetas de comandos y un tablero, de llevar a las tortugas a través de un laberinto, donde el adulto es el ordenador quien ejecuta los comandos; o sea, los niños dan las órdenes a los adultos [40]. Este juego estará disponible a partir del 30 de junio del 2014.

En octubre del 2013 aparece Play-i, cuyos fundadores y creadores son Vikas Gupta, Saurabh Gupta y Mikal Greaves. El objetivo de Play-i es que sus dos pequeños robots, Bo y Yana, enseñen a los niños de 5+ años el lenguaje y los conceptos básicos de la programación a través de juegos interactivos [41]. Los dos robots actúan y se ven como juguetes, pero en realidad son máquinas de aprendizaje, que guían a los niños a través de códigos muy básicos aunados a una historia musical. Los niños simplemente deberán coreografiar una secuencia de acciones desde su iPad y los robots lo harán. Actualmente están en la etapa de producción y se ofrecerán comercialmente a finales del 2014.

En noviembre del 2013, aparece el proyecto llamado Primo de Filippo Yacob, Matteo Loglio, Danilo Di Cuia, Valeria Leonardi, Lucia Rabago y Josh Valman. Primo es una interfaz de programación tangible, para niños entre 4-7 años, diseñada para enseñar a programar [42]. Cuenta con un robot que utiliza la tecnología de Arduino. Actualmente están en la etapa de producción y se ofrecerán comercialmente a finales del 2014.

Por otro lado, Linda Liukas propone el proyecto llamado Hello Ruby en enero del 2014. Su idea es crear un libro (físico y digital) de cuentos que mediante dibujos y textos sencillos los niños entre 4-7 puedan aprender a programar [43]. También, Linda escribirá una guía para padres y madres donde puedan aprender a programar a la vez que sus hijos y con ello les puedan orientar. Todavía no se ofrece una fecha para su publicación.

En junio del 2014 aparece el proyecto KIBO. KIBO es un kit robótico diseñado específicamente para niños de 4 a 7 años. Los niños construyen sus propios robots con KIBO, los programan para que hagan lo que ellos quieren, y los decoran. KIBO es una interfaz de programación

TABLA I
ENTORNOS DE PROGRAMACIÓN POR EDAD

Entorno	Edad (años)								
	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Robot Turtles	X	X	X	X	X				
PRIMO	X	X	X	X					
Hello Ruby	X	X	X	X					
KIBO (KIWI y CHERP)	X	X	X	X					
MicroMundos JR		X	X	X					
Kodable		X	X	X					
ScratchJr		X	X	X					
Play-i		X	X	X					
Move The Turtle		X	X	X	X	X	X	X	X
Software LEGO WeDo			X	X	X	X	X	X	X
LEGO Logo				X	X	X	X	X	X
LEGO RoboLab RCX				X	X	X	X	X	X
Logo				X	X	X	X	X	X
LogoBlocks				X	X	X	X	X	X
LogoWriter				X	X	X	X	X	X
PicoCrickets y PicoBlocks				X	X	X	X	X	X
Software LEGO Mindstorms NXT				X	X	X	X	X	X
Software LEGO Mindstorms EV3				X	X	X	X	X	X
Software MoWay				X	X	X	X	X	X
StarLogo				X	X	X	X	X	X
StarLogo TNG				X	X	X	X	X	X
Alice					X	X	X	X	X
Etoys					X	X	X	X	X
Scratch					X	X	X	X	X
Enchanting					X	X	X	X	X
miniBloq					X	X	X	X	X
KineScript					X	X	X	X	X
MicroMundos EX							X	X	X
MicroMundos EX Robotics							X	X	X

tangible,donde los niños juegan con bloques de madera que traen imágenes de comandos de programación, estos bloques pueden ser compartidos de una forma fácil [34]. KIBO es el resultado de investigación de Marina Umaschi Bers y su grupo de investigación *DevTech* de la *Tufts University's Eliot Pearson Department of Child Development*. En esta investigación se utiliza los proyectos del software CHERP y el robot KIWI del grupo investigación *DevTech*.

En la siguiente sección se describe la descripción del problema planteado de la investigación propuesta en este documento.

V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Existen varios estudios a nivel global, como se mostró en la Sección 2, que indican que si los niños aprenden a programar desde edades tempranas, es muy probable que desarrollen de mejor forma el pensamiento lógico y abstracto, lo que les ayudará consecuentemente a desarrollar otras habilidades.

Cuando se empieza a programar uno se da cuenta que tiene que ver con algoritmos. Por lo que es importante enfatizar que el núcleo de la programación son los algoritmos, los cuales son una serie de instrucciones (pasos) para que se lleve a cabo una tarea. Así, cada programa es, simplemente, una lista de instrucciones que la computadora debe seguir en un orden determinado.

Por otra parte, el aprendizaje en los niños de edad preescolar debe darse de forma concreta y ser divertido para obtener su atención. Es claro que la robótica es una buena herramienta de aprendizaje para niños pequeños, porque los robots les permiten a los niños tener un aprendizaje partiendo desde lo concreto hacia lo abstracto de forma lúdica.

En este documento se propone crear un entorno de programación en dispositivos móviles para LEGO Mindstorm NXT v2.0, orientado a niños de 4 a 6 años. Con el objetivo de enseñar a los niños de edad preescolar a programar, antes de que incluso hayan aprendido a leer, y con ello contribuir al desarrollo del pensamiento lógico y abstracto.

Este sistema está planteado para ser utilizado bajo mediación, por lo que está dirigido a docentes de preescolar con experiencia en el uso de tecnologías en ambientes educacionales para el aprendizaje de la programación y la robótica. El público meta son las niñas y los niños entre 4 y 6 años, ya que ellos serán quienes utilicen el entorno bajo la mediación de los docentes.

El entorno de programación que se propone tendrá una interfaz de usuario muy simple, constituido por símbolos iconográficos y sonidos, debido al público meta al que está dirigido. La interfaz será intuitiva y fácil de usar para que los niños puedan crear una secuencia ordenada de acciones (programar) para resolver un problema dado.

Se plantea que los niños puedan resolver varios problemas previamente definidos, y que utilizando el entorno, programen las soluciones; cada problema tiene un respectivo robot previamente construido. Por tanto, se quiere lograr que los niños creen un conjunto de instrucciones ordenadas para resolver un problema específico, y puedan ver al robot ejecutando las instrucciones dadas. Además, se pretende independizarse de las computadoras de escritorio, y

TABLA II
RESUMEN DE ENTORNOS DE PROGRAMACIÓN ORIENTADOS A NIÑOS

Año	Entorno	Programación basada en	Controla robots	*Open source*	Fuente de enlace
1970	Logo	Escritura de instrucciones	Sí	No	PC
1985	LogoWriter	Escritura de instrucciones	No	No	PC
1988	LEGO Logo	Escritura de instrucciones	Sí	No	PC
1993	MicroMundos EX	Escritura de instrucciones	No	No	PC
1994	LEGO RoboLab RCX	Iconos	Sí	No	PC
1994	LogoBlocks	Bloques / Rompecabezas	Sí	No	PC
1994	StarLogo	Bloques / Rompecabezas	No	Sí	PC
1994	MicroMundos EX Robotics	Bloques / Rompecabezas	Sí	No	PC
1999	Alice	Iconos	No	Sí	PC
2000	MicroMundos JR	Iconos	No	No	PC
2004	StarLogo TNG	Bloques / Rompecabezas	No	Sí	PC
2004	Etoys	Iconos	No	Sí	PC
2005	Software LEGO WeDo	Iconos	Sí	No	PC
2006	PicoCrickets y PicoBlocks	Bloques / Rompecabezas	Sí	Sí	PC
2006	Software LEGO Mindstorms NXT	Iconos	Sí	No	PC
2007	Scratch	Bloques / Rompecabezas	No	Sí	PC
2008	miniBloq y RobotGroup	Bloques	Sí	Sí	PC
2010	Enchanting	Bloques / Rompecabezas	Sí	Sí	PC
2012	Move The Turtle	Iconos	No	No	Móvil (iPhone y iPad)
2012	Software MoWay	Escritura de instrucciones / Diagramas de flujo	Sí	No	PC
2012	Kodable	Iconos	No	No	Móvil (iPad)
2013	ScratchJr	Bloques / Rompecabezas	No	Sí	PC – Móvil (iPad)
2013	KineScript	Bloques / Rompecabezas	No	No	Móvil (iPad)
2013	Software LEGO Mindstorms EV3	Iconos	Sí	No	PC
2013	Robot Turtles	Tablero y tarjetas	No	No	Juego de mesa
2013	Play-i	Iconos	Sí	No	Móvil
2013	PRIMO	Circuitos electrónicos (ARDUINO)	Sí	No	Interfaz gráfica
2014	Hello Ruby	Iconos	No	No	PC – Móvil
2014	KIBO (KIWI y CHERP)	Bloques y códigos de barras	Sí	No	PC – Interfaz tangible

realizar el entorno en dispositivos móviles, para dar mayor comodidad y flexibilidad a los niños.

En la siguiente sección se describe el primer prototipo implementado como un inicio de la solución del problema planteado.

VI. DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

En esta sección se describe el primer prototipo implementado de la investigación propuesta. En primer lugar se da un resumen de los requerimientos y tareas específicas dados por los expertos de la FOD. Seguidamente se describe el prototipo implementado. Finalmente se menciona el trabajo que se llevará a cabo en otras fases del sistema.

A. Especificación de Requerimientos y Tareas del Entorno de Programación

La investigación propuesta cuenta con el apoyo de la Fundación Omar Dengo (FOD), que ha desarrollado el programa de Informática Educativa durante los últimos 26 años en escuelas públicas de Costa Rica. Los expertos de la FOD fueron los encargados de dar los requerimientos del entorno de programación y de evaluarlo.

Los requerimientos del entorno de programación que fueron solicitados por los expertos de la FOD son:

1) Tener entre 8 y 10 comandos como máximo.
2) Poder realizar secuencias de acciones.
3) Implementar estructuras de control: condicional y ciclo.
4) Implementar actuadores: motores y lámparas.
5) Implementar sensores: tacto y sonido.
6) Realizar una plataforma con interfaz multitáctil[1] (tecnología *multi-touch*).
7) Poder tener un proceso de programación correctivo y progresivo.
8) Guardar localmente y en Web los programas.
9) Tener análisis de métricas mediante *Google Analytics*[2].

Además, los expertos definieron varios problemas (o tareas) para ser resueltos por los niños de 4 a 6 años relacionados a los requerimientos solicitados:

1) Realizar una secuencia de acciones de movimiento. Llevar al robot de un punto a otro.
2) Realizar una secuencia de acciones de movimiento, encendiendo y/o apagando luces.
3) Crear un robot (móvil o estático) con una garra para mover objetos de un lugar a otro.
4) Realizar la repetición de una secuencia de acciones.
5) Realizar determinada secuencia de acciones de acuerdo a una condición específica.

Por otra parte, la interfaz debe diseñarse e implementarse con una metáfora ambigua (sin género) y simple, que logre que el concepto de “programar” quede claro a los niños.

A partir de los requerimientos y tareas especificados por los expertos de la FOD se implementó un primer prototipo, que se describe a continuación.

[1] Son capaces de reconocer más de un punto en la pantalla a la vez, acompañado de un software que pueda interpretar los movimientos de los distintos puntos.

[2] Permite medir las interacciones del usuario con la aplicación móvil a través de diversos dispositivos y entornos.

B. Prototipo Implementado

El primer prototipo implementado es muy simple, y se desarrolló con el fin de resolver problemas técnicos en relación a la comunicación *bluetooh* entre el dispositivo móvil y el ladrillo inteligente NXT. Por lo que se creó un protocolo de comunicación con los comandos y se implementó un lenguaje interpretado para la comunicación de los comandos desde el dispositivo móvil al ladrillo inteligente NXT, estableciendo una conexión uno a uno.

Este prototipo incluye solamente comandos para que el robot realice la locomoción y la manipulación en el ambiente; o sea, controla actuadores y efectores del robot. También se implementaron comandos de control, para indicar el inicio y el fin de una secuencia de instrucciones a ejecutarse. Además, sólo se programan secuencias de acciones.

En general, se implementaron dos programas:

1) Una aplicación Android que se ejecuta en la tableta, donde se muestra una interfaz muy sencilla con los comandos y el espacio de trabajo del entorno de programación (ver Figura 1). En esta aplicación se tiene el protocolo de comunicación creado para esta investigación. Los comandos que se implementaron en este prototipo fueron:
   - Control: Inicio y Fin.
   - Movimiento (locomoción): Adelante, Atrás, Izquierda y Derecha.
   - Acción (manipulación): Encender lámpara, Apagar lámpara, Agarrar y Soltar.

2) Un programa en leJOS NXJ[3] (*Lego Java Operating System* NXJ) [44] que se ejecuta en el ladrillo inteligente LEGO Mindstorms NXT versión 2.0 [45]. Este programa es el encargado de interpretar los comandos que se mandan por conexión *bluetooh* desde el dispositivo móvil al ladrillo NXT (ver Figura 2).

Por otro lado, de acuerdo a los requerimientos del sistema y las entrevistas realizadas a docentes de preescolar, se establecieron características mínimas y necesarias de las tabletas, para que el sistema funcione adecuadamente. Estas características son:

- Tamaño de la tableta: 7’’ u 8’’.
- Sistema Operativo Android versión 4.1.2 (*Jelly Bean*)[4] o superior.
- Conexión bluetooh.
- Tecnología *multi-touch*.
- *Text To Speech* (TTS)[5].

En este prototipo se probó utilizando las tabletas GALAXY Note 8 modelo GT-N5100 [46]. Esta tableta cumple con las características establecidas.

[3]Es un entorno de programación Java para LEGO MINDSTORMS NXT, que permite programar robots LEGO en Java. El firmware leJOS NXJ sustituye al firmware estándar de LEGO MINDSTORMS.

[4] Android Developers, “Jelly Bean - Android 4.1,” 2012. [Online]. Available: http://developer.android.com/about/versions/android-4.1.html

[5] Android Developers, “TextToSpeech (TTS),” 2012. [Online]. Available: http://developer.android.com/reference/android/speech/tts/TextToSpeech.html



Fig. 1. Primer prototipo del entorno de programación MODEBOTS, corre en dispositivos móviles Android. En la figura se observan los comandos implementados y el espacio de trabajo.

El entorno de programación se bautizó con el nombre MODEBOTS (*Mobile Development Environment for Robots*). Con los comandos implementados en este primer prototipo se puede resolver los tres primeros problemas (tareas) definidos por la FOD en los requisitos iniciales.

El sistema se probó en relación a la funcionalidad de los comandos implementados, resultando completamente funcional. Además, los tiempos de comunicación entre la tableta y el robot, así como los tiempos de interpretación y ejecución del programa resultaron aceptables en las pruebas iniciales.

A continuación se discute el trabajo futuro planteado en relación a otras fases del sistema.

C. Trabajo Futuro

El diseño e implementación del entorno de programación es un proceso incremental, y se han establecido diferentes fases para lograr completar los requerimientos y problemas planteados por la FOD.

Actualmente se está trabajando en el diseño e implementación de la metáfora ambigua a utilizar en el entorno. Se decidió utilizar como metáfora un libro de cuentos y, utilizar la flora, la fauna y el patrimonio cultural de Costa Rica. Los problemas a resolver estarán dirigidos en iniciar un cuento a los niños, el cual ellos deben continuar y terminar al solucionar el problema, por ejemplo: los monos tití (monos ardilla) deben organizar las esferas de piedra.

Asimismo, los robots estarán disfrazados para representar al personaje principal del cuento creado (programa) y será el encargado de recrear el cuento. Estos disfraces, ya diseñados y creados, son entretenidos y personalizables.

Por otra parte, se está trabajando en la implementación de un módulo de configuración, dirigido a los mediadores, con el fin que configuren el sistema de acuerdo a las necesidades del grupo y a las actividades planificadas.

En relación al uso de estructuras de control, consideramos que pueden ser conceptos demasiado difíciles de comprender por parte de los niños. Lo mismo ocurre con algunos sensores y con la interfaz multitáctil. Sin embargo, en consulta a expertos en el área de la educación preescolar, nadie ha logrado indicar si estos conceptos podrán ser demasiado complicados o no. Debido a su complejidad, y al ser requisitos solicitados por la FOD, han sido dejados para implementarse en fases posteriores del proyecto; y se cree que deberán ser implementados y probados muy bien antes de tomar alguna decisión sobre ellos.



Fig. 2. Robots construidos con el kit LEGO Mindstorms NXT 2.0 para ser programados por el entorno de programación MODEBOTS. Los robots tienen un programa en leJOS NXJ que interpreta el conjunto de comandos enviados por el entorno de programación a través de *bluetooth*.

Finalizando, se discuten las conclusiones y el trabajo futuro de la investigación.

VII. Conclusiones y Trabajo Futuro

La programación y la robótica fomentan la resolución de problemas, el pensamiento lógico, la creatividad y el aprendizaje a través de exploraciones lúdicas.

Esta investigación está enfocada en la creación de un entorno de programación para dispositivos móviles que permita programar robots a niños de entre 4 y 6 años. La metáfora de programación debe ser ambigua y muy simple pues, por lo general, los niños de estas edades no saben leer. El objetivo principal es que los niños comprendan el concepto de programación. Para esto deben comprender que pueden crear instrucciones en la tableta, enviarlas al robot, y el robot ejecutará cada una de las instrucciones en el orden definido.

El prototipo implementado es totalmente funcional, y actualmente permite que el robot se mueva desde un punto a otro, así como manipular objetos del ambiente. Los tiempos de comunicación entre la tableta y el robot, así como los tiempos de interpretación y ejecución del programa son aceptables. Aún no ha sido probado en ambientes reales de aprendizaje.

Como trabajo futuro, se estará organizando un grupo focal con docentes de preescolar para que evalúen la metáfora, el diseño que actualmente se está trabajando y el sistema en general. Además, se definirán e implementaran más comandos, según los requerimientos y tareas planteados inicialmente por la FOD, y se probará en ambientes reales de aprendizaje con niños.

En una segunda etapa del trabajo de investigación se desea implementar ciertas condiciones para propiciar la colaboración entre los niños, y así incentivar el desarrollo de habilidades blandas. El aspecto más importante de la colaboración es la comunicación, por lo que se desea que los niños discutan entre ellos la manera de solucionar el problema que se les presente. Para lograr esto se piensa utilizar una interdependencia positiva de los recursos, donde cada niño tenga una cantidad limitada de comandos, menor a la necesitada para resolver completamente el problema. Esto hará que los niños deban comunicarse y compartir comandos para solucionar, entre varios, el problema.

Con esto se espera lograr que los niños aprendan a colaborar, y se percaten de que no pueden solos completar la meta, por lo que necesitan colaborar con sus compañeros.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el Centro de Investigaciones en Tecnologías de la Información y Comunicación (CITIC), proyecto 834-B3-260, la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática (ECCI), y el Posgrado en Computación e Informática de la Universidad de Costa Rica. A la FOD por su colaboración en la realización de esta investigación.

Referencias

[1] M. Prensky, “Digital Natives, Digital Immigrants Part 1,” *Horiz.*, vol. 9, no. 5, pp. 1–6, 2001.
[2] M. U. Bers, *Blocks to Robots: Learning with Technology in the Early Childhood Classroom*. Teachers College Press, 2008, p. 154.
[3] S. Campe, L. Werner, and J. Denner, “Game Programming with Alice: A Series of Graduated Challenges,” *Comput. Sci. K–8 Build. a Strong Found.*, no. Special, pp. 13–14, 2012.
[4] M. Binkley, O. Erstad, J. Herman, S. Raizen, M. Ripley, and M. Rumble, “Defining 21st century skills,” 2010.
[5] S. Papert, *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc., 1980, p. 244.
[6] I. M. Verner and D. J. Ahlgren, “Conceptualizing Educational Approaches in Introductory Robotics,” *Int. J. Electr. Eng. Educ.*, vol. 41, no. 3, pp. 183–201, 2004.
[7] D. Ivey and G. Quam, “4-H and Tech Ed Partnership Gets Students Geeked about STEM,” *Techdirections*, vol. 69, no. 3, pp. 19–21, 2009.
[8] S. A. Papert, *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, 2nd ed. Basic Books, Inc., 1993, p. 252.
[9] A. M. Bujanda, “Sustaining Collective Thinking: Two decades of technology enhanced learning environments,” *Digit. Learn.*, vol. II, no. 2, pp. 15–18, 2006.
[10] M. U. Bers, *Designing Digital Experiences for Positive Youth Development*, 1st ed. Oxford University Press, 2012, p. 216.
[11] D. Caron, “Competitive Robotics Brings Out the Best in Students,” *Tech Dir.*, vol. 69, no. 6, pp. 21–23, 2010.
[12] R. Colelli, “Model Program: Southern Lehigh High School, Center Valley, PA,” *Technol. Teach.*, vol. 68, no. 4, pp. 27–32, 2009.
[13] M. D. Castro-Rojas and A. L. Acuña-Zúñiga, “Propuesta comunitaria con robótica educativa: valoración y resultados de aprendizaje,” *Rev. Teoría la Educ. Educ. y Cult. en la Soc. la Inf.*, vol. 13, no. 2, pp. 91–118, 2012.
[14] E. Badilla-Saxe, “Evaluación del Aprendizaje Emergente: Una Experiencia con Estudiantes Universitarias de Educación Preescolar,” *Rev. Electrónica publicada por el Inst. Investig. en Educ. UCR*, vol. 8, no. 3, pp. 1–19, 2008.
[15] T. S. McNerney, “From turtles to Tangible Programming Bricks: explorations in physical language design,” *Pers. Ubiquitous Comput.*, vol. 8, no. 5, pp. 326–337, Jul. 2004.
[16] T. S. McNerney, “Tesis_Tangible Programming in Early Childhood_Revisiting Developmental Assumptions through New Technologies,” 2000.
[17] M. Tempel, “Logo: A Language for All Ages,” *Comput. Sci. K–8 Build. a Strong Found.*, no. Special, pp. 16–17, 2012.
[18] M. Resnick, F. Martin, R. Sargent, and B. Silverman, “Programmable Bricks: Toys to think with,” *IBM Syst. J.*, vol. 35, no. 3.4, pp. 443–452, 1996.
[19] S. Einhorn, “MicroWorlds, Computational Thinking, and 21st Century Learning,” *LCSI White Paper*, pp. 1–10, 2011.
[20] M. Resnick, “StarLogo: an environment for decentralized modeling and decentralized thinking,” in *Conference companion on Human factors in computing systems common ground - CHI ’96*, 1996, pp. 11–12.
[21] A. Begel and E. Klopfer, “Starlogo TNG: An introduction to game development,” *J. E-Learning*, 2007.
[22] S. H. Kim and J. W. Jeon, “Programming LEGO mindstorms NXT with visual programming,” in *International Conference on Control, Automation and Systems, 2007. ICCAS ’07.*, 2007, pp. 2468–2472.
[23] M. Rollins, *Beginning LEGO MINDSTORMS EV3*. Apress, 2014, p. 253.
[24] S. Coxon, “Design to Succeed in LEGO WeDo Robotics Challenges,” 2010.
[25] K. Mayerová, “Pilot Activities: LEGO WeDo at Primary School,” in *Proceedings of 3rd International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics: Integrating Robotics in School Curriculum*, 2012, pp. 32–39.

[26] D. Nam and T. Lee, “The Effect of Robot Programming Education by Pico Cricket on Creative Problem-Solving Skills,” in *Proceedings of the 19th International Conference on Computers in Education*, 2011, pp. 1–6.
[27] C. James, “An 8-Day Plan with Etoys,” *Comput. Sci. K–8 Build. a Strong Found.*, no. Special, pp. 23–24, 2012.
[28] Y.-J. Lee, “Empowering teachers to create educational software: A constructivist approach utilizing Etoys, pair programming and cognitive apprenticeship,” *Comput. Educ.*, vol. 56, no. 2, pp. 527–538, Feb. 2011.
[29] S. Cooper, W. Dann, and R. Pausch, “Alice: a 3D Tool For Introductory Programming Concepts,” *J. Comput. Sci. Coll.*, 2010.
[30] R. Pausch, T. Burnette, A. C. Capeheart, M. Conway, D. Cosgrove, R. DeLine, J. Durbin, R. Gossweiler, S. Koga, and J. White, “Alice: Rapid Prototyping System for Virtual Reality,” *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 15, no. 3, pp. 8–11, 1995.
[31] J. Maloney, M. Resnick, N. Rusk, B. Silverman, and E. Eastmond, “The Scratch Programming Language and Environment,” *ACM Trans. Comput. Educ.*, vol. 10, no. 4, pp. 1–15, 2010.
[32] G. Tomoyose, “miniBloq, el lenguaje de programación argentino para robots que llega a todo el mundo,” *LA NACION*, Argentina, p. 1, 09-May-2014.
[33] D. Thomas, “KineScript: Visual Programming,” *Graphite*, 2013. [Online]. Available: http://www.graphite.org/app/kinescript-visual-programming. [Accessed: 30-May-2014].
[34] M. U. Bers, “The TangibleK Robotics Program: Applied Computational Thinking for Young Children,” *Early Child. Res. Pract.*, vol. 12, no. 2, 2010.
[35] L. P. Flannery, E. R. Kazakoff, P. Bontá, B. Silverman, M. U. Bers, and M. Resnick, “Designing ScratchJr: Support for Early Childhood Learning Through Computer Programming,” in *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children (IDC ’13)*, 2013, pp. 1–10.
[36] T. A. Lentz, “Kids, Robotics, and Gender: a pilot study,” Tufts University, 2014.
[37] Next is Great, “Move The Turtle: Programming for Kids,” *Next is Great*, 2012. [Online]. Available: http://movetheturtle.com/. [Accessed: 30-May-2014].
[38] L. Orsini, “Kodable Teaches Kids To Code Before They Learn To Read,” *readwrite*, 2013. [Online]. Available: http://readwrite.com/2013/04/23/kodable-teaches-kids-to-code-before-they-learn-to-read#awesm=~oDmcKub1ryv8TN.
[39] G. Huebner and J. Mattingly, “Kodable,” *Kodable - Site Web*, 2012. [Online]. Available: http://www.kodable.com/.
[40] D. Shapiro, “Robot Turtles: The Board Game for Little Programmers,” *Kickstarter, Inc*, 2013. [Online]. Available: https://www.kickstarter.com/projects/danshapiro/robot-turtles-the-board-game-for-little-programmer.
[41] V. Gupta, S. Gupta, and M. Greaves, “Play-i,” *Madrona Venture Group and Charles River Ventures*, 2013. [Online]. Available: https://www.play-i.com/.
[42] F. Yacob, M. Loglio, D. Di Cuia, V. Leonardi, L. Rabago, and J. Valman, “PRIMO,” *Solid Labs*, 2013. [Online]. Available: http://primo.io/.
[43] L. Liukas, “Hello Ruby,” *Hello Ruby - Site Web*, 2014. [Online]. Available: http://konichiwaruby.tumblr.com/.
[44] B. Bagnall, *Intelligence Unleashed: Creating LEGO NXT Robots with Java*, 1st ed. Variant Press, 2011, p. 528.
[45] LEGO, “LEGO® MINDSTORMS® NXT 2.0,” *LEGO*, 2000. [Online]. Available: http://shop.lego.com/en-US/LEGO-MINDSTORMS-NXT-2-0-8547.
[46] Samsung, “GALAXY Note 8.0 - GT-N5100,” *Samsung*, 2013. [Online]. Available: http://www.samsung.com/es/consumer/mobile-phone/note/tablet/GT-N5100ZWAPHE.



Kryscia Ramírez-Benavides. M.Sc. en Computación e Informática de la Universidad de Costa Rica (UCR) en 2008. Es Profesora de la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática (ECCI) de la UCR desde el año 2003. Es Investigadora de la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática (ECCI) y del Centro de Investigaciones en Tecnologías de la Información y Comunicación (CITIC) de la UCR desde el año 2013. Actualmente estudiante del Programa de Doctorado en Computación e Informática de la UCR, con énfasis en Informática Educativa.



Luis A. Guerrero. Ph.D. en Ciencias de la Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile en 1999. Es Profesor e Investigador de la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática (ECCI) y del Centro de Investigaciones en Tecnologías de la Información y Comunicación (CITIC) de la Universidad de Costa Rica (UCR) desde el año 2010 hasta la actualidad. Actualmente coordina el Programa de Doctorado en Computación e Informática de la UCR.

Ambiente Virtual de Aprendizagem para o Estudo da Descoberta do Elétron

Eduardo Kojy Takahashi, Dayane Carvalho Cardoso, Hermes Gustavo Fernandes Neri, Rener Martins Moura, Rubens Gedraite, Adilmar Coelho Dantas, Maycon Junio Pereira Pacheco e Pedro Henrique Borges

Title— **Virtual Learning Environment for the Study of the Discovery of the Electron.**

Abstract— **This paper describes both the construction of a system to remotely access and control a didactic and real experiment to determine the charge-to-mass ratio of the electron and the development of a virtual learning environment (VLE) in which the remote experiment is inserted. The experimental apparatus is similar to that used by Joseph John Thomson in 1897 which resulted in the discovery of the electron. The remote experiment can be accessed through the internet by a personal computer or by a mobile device under Android operating system. Results of an experimental and remote determination ot the charge-to-mass ratio of the electron is presented as well as an analisys of the VLE usability.**

Index Terms— **high school education, open laboratory, remote experiment, scientific education, virtual learning environment, WebLab.**

I. INTRODUÇÃO

OS laboratórios de experimentação remota (ou *WebLabs*) representam uma grande evolução no conceito de inclusão digital, uma vez que eles permitem que os alunos acessem equipamentos instalados em laboratórios de muitas instituições de ensino, alguns deles complexos e relativamente caros.

E. K. Takahashi, doctor in Physics. Instituto de Física da Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila 2121 - Campus Santa Mônica - CX 593 - Uberlândia - MG - CEP 38408-100, Brazil (e-mail: ektakahashi@ufu.br).

D. C. Cardoso. Universidade Federal de Uberlândia, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Uberlândia, Brazil (e-mail: dayane_carvalho@yahoo.com.br).

H. G. F. Neri, Universidade Federal de Uberlândia, Curso de Licenciatura em Física, Uberlândia, Brazil (e-mail: hermes_g26@yahoo.com.br).

R. M. Moura, Universidade Federal de Uberlândia, Curso de Licenciatura em Física, Uberlândia, Brazil (e-mail: rener_moura@hotmail.com).

R. Gedraite, doctor in Electrical Engineering. Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila 2121 - Campus Santa Mônica - CX 593 - Uberlândia - MG - CEP 38408-100, Brazil (e-mail: rgedraite@feq.ufu.br).

A. C. Dantas, Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ciência da Computação, Uberlândia, Brazil (e-mail: adilmarcoelho@hotmail.com).

M. J. P. Pacheco, Escola Estadual Ederlindo Lannes Bernardes, Uberlândia, Brazil (e-mail: mayconjrpacheco@gmail.com).

P. H. Borges, Escola Estadual Lourdes de Carvalho, Uberlândia, Brazil (e-mail: pedro.henriqueborges@hotmail.com).

No entanto, para tornar possível o seu uso regular na educação formal temos que considerar vários aspectos, dentre eles a formação de professores para usar esta tecnologia e a possibilidade de proporcionar o acesso a experimentos de laboratório a um baixo custo.

Diversos trabalhos voltados à experimentação remota para o ensino de Física podem ser encontrados na literatura [1-41]. Em Mecânica, por exemplo, é possível encontrar experimentos remotos relacionados à queda de corpos [1-3], movimento roto-translacional de uma roda [4], cinemática e dinâmica de rotação e translação [5], viscosidade de líquidos [6], movimentos oscilatórios [7-11], movimento em planos inclinados [12], lançamento de projéteis [13] e Lei de Hooke [14].

Em Óptica, existem experimentos remotos que abordam absorção e reflexão da luz [15-16], refração da luz [17], equações de Fresnel [18], distância focal de lentes [19], determinação da velocidade da luz [20] e Lei de Snell [21]. Em Eletromagnetismo: indução eletromagnética [22-23], histerese magnética [24], campo magnético de solenoides [25-26], circuitos elétricos [27-30], estudo de carga e descarga de capacitores [31] e potenciais eletrostáticos [32]. Em Termodinâmica: gás ideal [33] e propagação de calor [34]; em Física Moderna e Contemporânea: difração de elétrons [35] e de microobjetos [36], princípio da incerteza de Heisenberg [37], experimento de Millikan [38], efeito fotoelétrico [39], determinação do tempo de meia-vida do muon [40] e decaimento radioativo [41].

Neste trabalho, apresentamos e discutimos o desenvolvimento a baixo custo de um sistema de controle para manipular um experimento remoto que permite obter a relação carga/massa do elétron, tal como foi realizado por Joseph John Thomson em 1897 [42]. Este experimento pode ser utilizado no ensino médio ou no ensino superior.

No desenvolvimento do trabalho estiveram envolvidos estudantes dos diferentes níveis de ensino, com o intuito de viabilizar novas experiências de ensino-aprendizagem. Assim, a concepção e a montagem de todo o ambiente virtual de aprendizagem (incluindo o experimento remoto) foram realizadas por dois estudantes do ensino médio, dois estudantes do ensino superior e dois estudantes de programas de Pós-graduação, sob a orientação de pesquisadores do Núcleo de Pesquisa em Tecnologias Cognitivas (Nutec) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

A escolha do experimento recaiu devido à multiplicidade de conhecimentos teóricos e práticos que ele permite que sejam trabalhados e, também, para enfatizar a contribuição

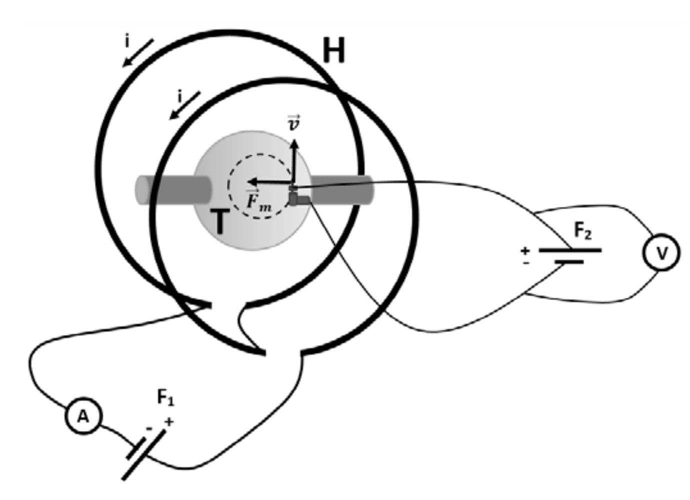


Figura 1. Esquema das concexões elétricas do experimento de Thomson.

da descoberta do elétron no desenvolvimento científico e tecnológico dos dias atuais.

II. Descrição do Experimento de Thomson

O esquema elétrico do aparato experimental de Thomson encontra-se na Figura 1. O conjunto consiste de dois circuitos elétricos independentes, mas acoplados. Um circuito contém as bobinas de Helmholtz, H, ligadas em série, alimentadas por uma fonte, F_1, e conectadas a um amperímetro A. O outro circuito contém o tubo de Crookes, T, alimentado por uma fonte F_2 e conectado a um voltímetro V. O feixe de elétrons é ejetado à uma velocidade v e sofre a ação de uma força magnética F_m devido ao campo magnético gerado pela corrente elétrica que circula nas bobinas de Helmholtz. Como consequencia, cada elétron do feixe adquire a trajetória circular pontilhada da Fig. 1, cujo raio r é dado por

$$r = mv/(eB) \quad (1)$$

onde m é a massa do elétron, v a sua velocidade, e a sua carga elétrica e B a intensidade do campo magnético atuante sobre o mesmo.

Ao ser acelerado pelo potencial U, o elétron adentra a região onde existe o campo magnético com uma energia cinética dada por

$$m\,v^2/2 = e\,U \quad (2)$$

de onde resulta

$$v^2 = 2eU/m \quad (3)$$

Combinando-se as equações (1) e (3), obtém-se

$$r = [2mU/(eB^2)]^{1/2} \quad (4)$$

Desta equação, a expressão para a razão carga/massa do elétron é dada por

$$e/m = 2U/(r^2B^2) \quad (5)$$

O campo magnético no centro das bobinas de Helmholtz, de raios R, é dado por

$$B = (4/5)^{3/2}\,(\mu_0\,N\,i\,/R) \quad (6)$$

onde μ_0 é a permeabilidade magnética do ar (μ_0 =1,26 x 10^{-6} T.m/A), N é o número de espiras de uma bobina e i é a corrente que percorre as bobinas.

Assim, obtem-se, finalmente, a seguinte expressão para a razão carga/massa do elétron,

$$e/m = K(r).(U/i^2) \quad (7)$$

com $K(r) = (125/32)\,[R\,/\,(\mu_0\,N\,r)]^2$.

O procedimento experimental consiste em considerar a expressão

$$U = [e/m\,K(r)]\,i^2 \quad (8)$$

e construir um gráfico de U em função de i^2, para se obter a razão carga/massa do elétron a partir da determinação do coeficiente angular da reta.

Para os melhores valores atualmente aceitos para a carga e a massa do elétron, a razão carga/massa possui um valor de 1,76x10^{11} C/kg.

III. Desenvolvimento do Ambiente Virtual de Aprendizagem

O Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) contém os materiais instrucionais relacionados à descoberta do elétron e permite o acesso ao experimento remoto através de uma interface gráfica. O AVA encontra-se no endereço eletrônico http://nutec.ufu.br e pode ser acessado a partir de um computador pessoal (PC) ou um dispositivo móvel. Nas subseções seguintes descreveremos os principais elementos presentes neste Ambiente Virtual de Aprendizagem.

A. *A Página Inicial do AVA*

Na página inicial é possível realizar uma navegação por todo o conteúdo do AVA, utilizando uma imagem panorâmica de um laboratório que mostra tanto o experimento montado quanto desmontado, computadores e livros. O usuário é direcionado às outras páginas ao selecionar cada elemento da imagem ou do menu à esquerda (Fig. 2).

Foram utilizadas diferentes linguagens de programação e de construção do AVA, a saber: (i) HTML com CSS para a interface gráfica entre diferentes subsistemas; (ii) PHP para o processamento lógicos das informações propriamente ditas e (iii) tecnologias *ActionScript* e *JavaScript* para a transmissão de imagens e a criação de conteúdos dinâmicos para *Web*. Estes conteúdos são denominados RIA (*Rich Internet Application*) que são Aplicações *Web* que tem características e funcionalidades de software tradicionais do tipo *Desktop*. Estas tecnologias permitem transferir o processamento das informações que seriam executadas na interface para o navegador da internet, porém mantendo a maior parte dos dados no servidor de aplicação (RIR).

Na programação do código computacional foram criados arquivos distintos, obedecendo a padrões computacionais tipicamente empregados na área da Tecnologia da Informação.

B. *O Experimento Remoto*

Todo o aparato experimental (bobinas de Helmholtz, tubo de raios catódicos, fontes de tensão e instrumentos de medida) foi adquirido e doado pelo Instituto de Física da UFU e não representou gastos adicionais para o projeto. A Fig. 4 mostra o aparato experimental disponibilizado para o acesso remoto.



Figura 2. A página inicial do ambiente virtual de aprendizagem desenvolvido em nosso trabalho.

Em um procedimento *hands on* o usuário necessita selecionar tanto o potencial acelerador do feixe, quanto a corrente elétrica na bobina, para ajustar o raio de curvatura do feixe em um dos valores dispostos numa escala interna ao tubo de Crookes (Fig. 3). Isto é feito, girando-se dois potenciômetros: um, da fonte de tensão F_1 (Fig. 2), que fornece a corrente elétrica i para as bobonas de Helmholtz e, outro, da fonte de tensão F_2 (Fig. 2), que fornece o potencial acelerador U. Para melhor visualização do brilho do feixe, é possível, ainda, ajustar a sua colimação, o que é feito por meio da rotação de outro potenciômetro disposto na fonte de tensão F_2.

Desta forma, em um procedimento remoto, há a necessidade de se rotacionar esses três potenciômetros. Neste sentido, o sistema de controle desenvolvido utilizou três motores de passo que foram conectados mecanicamente aos três potenciômetros (Fig. 4), permitindo ao usuário comandar o giro de cada um deles.

Os motores de passo apresentam grande confiabilidade no controle de sua posição em um sistema de malha aberta, boa capacidade de torque e podem ser facilmente encontrados em equipamentos de impressão e scanner. Além disso, não possuem o eixo livre, ou seja, não é necessário a aplicação de tensão aos terminais do motor para que este permaneça em sua última posição. A capacidade de realizar um giro completo de 360º, ao contrário de diversos servos motores que possuem originalmente um giro de apenas 180º, também se mostrou um fator de grande relevância no momento de sua escolha, uma vez que, para o controle dos potenciômetros das fontes de tensão, é necessário que o motor realize um giro controlado de 320º.

A plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto Arduino Uno [43,44] foi utilizada para permitir ao usuário ligar e desligar o aparato experimental e ajustar as voltagens de saída das fontes de tensão por meio dos motores de passo. O Arduino usa uma única camada de *software* implementada na placa (um *bootloader*) e apresenta uma interface amigável para programação. Utilizamos a linguagem de programação de código aberto *Processing* [45], que é baseada na linguagem C/C++.

O *hardware* desenvolvido recebe os comandos do usuário através de uma página *web* do Ambiente Virtual de Aprendizagem (Fig. 4), e os envia à placa Arduino via porta serial. Devido à robustez da aplicação, utilizamos a comunicação serial, uma vez que este é o procedimento padrão adotado em quase todas as aplicações similares.

O resultado das ações do usuário pode ser visualizado por um conjunto de *webcams*. Uma *webcam* posicionada próxima ao tubo de Crookes mostra o raio da trajetória descrita pelo feixe de elétrons sob a ação do campo magnético produzido pelas bobinas de Helholtz. Outras *webcams* mostram os valores do potencial acelerador do feixe e da corrente elétrica, como medidas por dois multímetros conectados ao aparato experimental (Fig. 5). A partir destes dados, o usuário pode determinar a razão carga/massa do elétron.

Para a criação da tela de interface do experimento com o usuário, foi gerada uma página em linguagem HTML com CSS e *Flash*, a qual foi responsável por gerar as imagens dos botões das fontes de tensão, das chaves e também, das telas. Quando o usuário interage com a interface *web*, dados são enviados para os arquivos PHP os quais são responsáveis por executar a parte lógica da comunicação assíncrona com a porta serial do Arduino.

A interface do *software* se comunica com o *hardware* utilizando duas variáveis internas, sendo uma responsável por determinar qual a porta a ser utilizada para a comunicação serial entre o usuário e a bancada experimental e a outra responsável por determinar qual dos motores e respectivo sentido de rotação deve ser acionado.

Os códigos desenvolvidos em *JavaScript* são os responsáveis pela comunicação direta com o aplicativo responsável pelo gerenciamento da *webcam*, a qual pode gerar imagens de fotos do *kit* didático em intervalos de 4ms. Estes aplicativos são responsáveis também por substituir a imagem anteriormente armazenada no disco rígido do



Figura 3. O aparato experimental disponibilizado para acesso remoto.



Figura 4. Conexões mecânicas entre os motores de passo e os potenciômetros das fontes de tensão.

microcomputador eliminando, assim, a necessidade de usar um stream de vídeo.

A partir do código computacional desenvolvido com base na tecnologia *JavaScript*, foi feita a automatização do processamento das imagens capturadas pela *webcam*, de forma que uma nova imagem do *kit* didático fosse exibida a cada 4ms, fornecendo assim para o usuário a percepção de estar vendo um vídeo em tempo real do experimento, pois a troca das imagens e imperceptível ao olho humano.

Visando conciliar o processamento de dados e de imagem simultâneos, foi necessário implantar o PHP de forma assíncrona com o auxilio do *JavaScript* através de um objeto, pois o PHP é uma linguagem síncrona na sua forma nativa. Sendo assim, os comandos gerados pelo usuário e que antes eram enviados diretamente para o servidor, passaram a ser tratados utilizando tecnologia AJAX, de forma assíncrona, para evitar a atualização de todo o conteúdo da tela de interface, permitindo a manipulação apenas dos conteúdos requeridos pelo usuário. Com a implantação do processamento assíncrono, a comunicação entre o microcomputador do usuário e o *kit* didático apresenta melhor desempenho, acelerando a atualização das páginas desenvolvidas e permitindo, no futuro, a implantação de processamento concorrente conforme a necessidade do experimento.

Para o correto funcionamento do *WebLab*, foi realizada a implementação de um servidor *web open source* (APACHE), em ambiente Windows, necessário para permitir que o PHP fosse solicitado do lado cliente e que para que o servidor realize a comunicação com o aplicativo desenvolvido em linguagem C para ser executado pela placa Arduino.

Para o usuário não existe dificuldade em executar a aplicação. Adicionalmente, ela é bastante amigável – necessitando nesta versão – apenas que seja empregado qualquer navegador *web* com suporte a *Flash Player*. Deste modo, é eliminada a necessidade de instalação de qualquer *plugin* ou *FrameWork* externo de terceiros.

O ambiente para a realização do experimento remoto a partir de um dispositivo móvel com sistema operacional Android possui uma interface ligeiramente diferente (Fig. 6), mas permite as mesmas ações e visualizações ao usuário. Nesse ambiente, o usuário visualiza o feixe de elétrons, a escala interna do tubo de Crookes (para a determinação do raio da trajetória) e os valores medidos para a corrente elétrica nas bobinas de Helmholtz e do potencial acelerador do feixe. Por meio de botões, o usuário pode comandar o giro dos potenciômetros das fontes de tensão e ajustar os valores de i e U da equação (7) para obter um particular raio de trajetória.

Nessa aplicação, não fizemos uso de dispositivos móveis, uma vez que foi utilizado um laboratório de informática com computadores pessoais conectados à internet. Entretanto, a possibilidade de se realizar o experimento nesse tipo de dispositivo aumenta o potencial de acesso ao experimento, especialmente pelo fato de que a grande maioria dos estudantes possui, atualmente, aparelhos celulares. Do ponto de vista pedagógico, é fundamental oportunizar, aos estudantes, ambientes que promovam situações de construção do conhecimento continuamente, para incentivar o hábito de pensar críticamente e as atitudes de observar, questionar e experimentar.

C. *Montagem Virtual do Experimento*

O AVA permite o estudo dos conceitos físicos envolvidos na concepção, montagem e utilização do aparato experimental, tanto pelo uso da *Linha do Tempo*, quanto pela utilização dos *links Esquema Elétrico*, *O Experimento* e *Monte o Experimento*.

O *link Linha do Tempo* apresenta a cronologia de contribuições técnicas e científicas que culminaram com a concepção de Thomson do aparato experimental em questão. Contém hipertextos descrevendo brevemente essas contribuições. O *link Esquema Elétrico* apresenta o esquema das conexões elétricas do aparato experimental utilizado, enquanto os *links O Experimento* e *Monte o Experimento* direcionam o usuário, respectivamente, ao ambiente de realização remota do experimento e ao ambiente de simulação da montagem experimental.

O simulador da montagem experimental (Fig. 7) foi desenvolvido em linguagem Flash e permite que o usuário realize as conexões elétricas entre os dispositivos experimentais com base no circuito elétrico do equipamento experimental apresentado no AVA. Isto permite que o estudante faça a correlação entre a teoria (esquema elétrico) e a prática (conexões fisicas entre os equipamentos).

O simulador apresenta duas etapas de montagem: uma, relativa à montagem das bobinas de Helmholtz e outra, relacionada à montagem do tubo de raios catódicos. O usuário deve posicionar os equipamentos virtuais sobre a bancada e conectar os fios de forma a obedecer as polaridades das fontes e dos multímetros em cada etapa da montagem. Em caso de montagem errada, a conexão não é realizada e é recomendado ao estudante o estudo do circuito elétrico correspondente.

IV. Realização do Experimento Remotamente

Foi realizada uma simulação da determinação da razão carga/massa do elétron por estudantes do ensino superior, utilizando o experimento remoto desenvolvido.

Os detalhes acerca da fundamentação teórica associada ao procedimento experimental foram apresentados na seção I e encontram-se na referência [46].



Figura 6. Interface para a realização do experimento remoto em um dispositivo móvel com sistema operacional Android.

Considerando-se os valores do nosso equipamento experimental (R = 0,1475m e N = 124), a expressão (8) para a determinação da razão carga/massa pode ser escrita como

$$U = \left[2{,}87 \times 10^{-7}\ r^2 (e/m)\right] i^2 \qquad (9)$$

Desta forma, por meio do ambiente virtual de aprendizagem, o usuário manipula o potenciômetro da fonte aceleradora para ajustar a energia cinética do feixe (potencial acelerador U) e regula a corrente elétrica necessária para defletir o feixe de forma a obter um raio de trajetória predeterminado em r = 0,02m, r = 0,03m, r = 0,04m ou r = 0,05m. Este procedimento foi feito para valores do potencial acelerador variando de 102V a 302V. Os resultados obtidos para o raio de trajetória r = 0,03m encontram-se na Tabela I.

Com os dados experimentais apresentados na Tabela I construiu-se um gráfico do potencial em função do quadrado da corrente elétrica (Fig. 8).

O coeficiente angular da reta da Fig. 8 corresponde ao termo $e/m\,K(r)$ da equação (8).

A partir de um ajuste linear obtém-se o valor de 43,56 V/A^2 para o coeficiente angular da reta da Fig. 8, que resulta

$$e/m = 1{,}72\ x\,10^{11}\ C/kg \qquad (10)$$

O erro percentual em relação ao melhor valor experimental (1,76 x 10^{11} C/kg), obtido com técnicas mais precisas de determinação da massa e da carga do elétron, é de 2,1% apenas.

Um estudo de caso do uso deste experimento remoto em situação real de ensino ainda será realizado para uma turma de estudantes do ensino médio.

V. Usabilidade do Ambiente Virtual de Aprendizagem

A. *Análise do Tempo de Latência*

Um fator importante na experimentação remota para que o estudante tenha a sensação de estar manipulando presencialmente o experimento é o tempo de resposta entre um dado comando e a visualização da resposta a este comando. Quanto menor o atraso no tempo de resposta, melhor a sensação de realidade e menor a sensação de frustação ao experimento, especialmente hoje em dia em que os estudantes requerem respostas imediatas às suas buscas.

Para acessos ao experimento realizado a partir de um notebook em localidades próximas ao laboratório de experimentação remota, o tempo de latência é desprezível e a sensação de realidade é máxima. Isto significa que a utilização do experimento remoto por escolas da região é altamente viável.

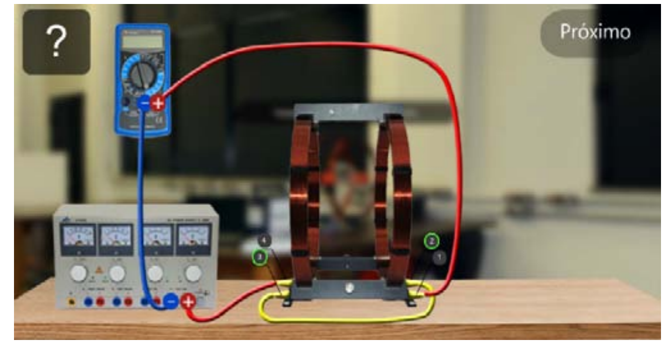


Figura 7. Ambiente virtual para a simulação da montagem do experimento.

TABELA I
Resultados Experimentais Obtidos para o Raio de Trajetória Igual a 0,03 m.

Potencial elétrico (V)	Corrente elétrica (A)	Corrente elétrica ao quadrado (A^2)
102	1,46	2,13
121	1,55	2,40
143	1,73	2,99
160	1,88	3,53
179	1,96	3,84
201	2,12	4,49
221	2,16	4,67
248	2,34	5,48
261	2,40	5,76
280	2,44	5,95
302	2,57	6,61

Obviamente, o acesso remoto do experimento a grandes distâncias é bastante dependente das condições de tráfego da rede internet. Acessos feitos de Praga (República Tcheca), Dublin (Irlanda) e Londres (Inglaterra), em diversos horários do dia e com o mesmo notebook, mostraram a instabilidade do sistema de transmissão, com a degradação no tempo de latência entre o envio de um comando e a observação do efeito deste comando na tela, diminuindo a sensação de realidade ao se manipular o experimento. Como exemplo, realizamos medidas do tempo que decorria desde o instante em que o usuário enviava um comando para ligar (ou desligar) o aparato experimental e o instante em que esse comando era percebido na tela. Medidas nos tempos de latência feitas ao se acessar o experimento a partir de Londres, ao redor das 7:00 h locais (3:00 h no Brasil) e realizar as mencionadas ações, mostram que o tempo de latência mínimo médio ocorria ao se desligar o aparelho e correspondeu a 2,40s, enquanto o tempo de latência máximo médio foi de 3,27s, ao se ligar o aparato experimental.

Acessos feitos a partir de Praga, República Tcheca, ao redor das 10 h locais (5 h no Brasil), no dia 06 de agosto de 2013 (terça-feira), apresentaram resultados semelhantes. Já acessos feitos a partir de Dublin, Irlanda, no horário em torno das 19h locais (15 h no Brasil) no dia 07 de outubro de 2013 (segunda-feira) já evidenciaram uma instabilidade maior no tempo de resposta, que apresentaram uma grande variação, de cerca de 3s a 12s, para este mesmo tipo de evento.

A assimetria nos tempos de latência verificada ao se ligar e desligar o experimento pode ser explicada pelo fato de que, ao se ligar o experimento, o processo de energizar todos os elementos necessários para fazer funcionar todo o aparato experimental demanda maior tempo do que o corte da energia a todos estes elementos, ao se desligar o mesmo.

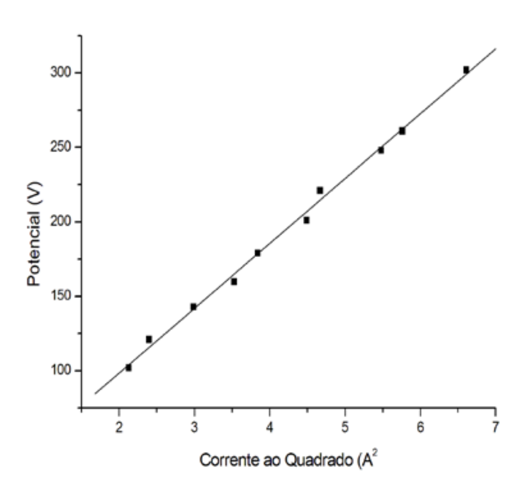


Figura 8. Gráfico do Potencial em função da corrente ao quadrado.

A partir desses dados, fica evidenciado que o uso do experimento remoto a distâncias muito grandes passa a ser dependente das condições de tráfego da rede internet, com degradação da qualidade em função do número de usuários utilizando a rede. Possibilidades de melhoria desta qualidade envolvem trabalhos cooperativos entre diferentes instituições de pesquisa nacionais e internacionais que estão a se dedicar ao uso educacional da experimentação remota.

B. Interação Aluno-Interface

A análise da interação aluno-interface foi feita com base nos seguintes componentes de usabilidade propostos por Nielsen [47]: facilidade de aprendizagem, erros e satisfação.

Nielsen concebe a usabilidade como sendo um atributo de qualidade que permite avaliar a facilidade de utilização de interfaces pelo usuário. Para este autor, o componente *facilidade de aprendizagem* relaciona-se à facilidade do usuário em realizar tarefas básicas no sistema desde o seu primeiro uso; o componente *erros* relaciona-se à gravidade dos erros cometidos pelos usuários na manipulação do sistema e à facilidade em retornar e dar continuidade às atividades que executava antes do erro cometido; o componente *satisfação* está associado ao fato do usuário considerar agradável utilizar o sistema.

Realizamos uma análise qualitativa da usabilidade do AVA e o teste de usabilidade foi feito com cinco alunos do curso de Licenciatura em Física da UFU que não tinham tido acesso ao AVA. De acordo com Nielsen [47], a identificação de 100% dos problemas de usabilidade pode ser obtida com quinze usuários, mas o teste pode ser considerado suficientemente confiável com cinco deles (detecção de mais de 85% dos problemas).

Para tanto, foram distribuídas tarefas para serem realizadas com o uso do AVA, de forma que o estudante navegasse por todos os menus principais sem o auxílio do avaliador. Estas tarefas estão apresentadas na Tabela II.

Para a coleta de dados, foram utilizadas a captura de tela do computador e a técnica do protocolo verbal (*think aloud protocol*) [48,49] com gravação sonora. As telas foram capturadas pelo uso do *software* livre *AutoScreenRecorder* [50], enquanto a gravação das falas dos estudantes ao manipular o AVA foi feita com uso do gravador de som do próprio sistema operacional do computador.

A técnica *think aloud protocol* consiste em solicitar que o usuário pense em voz alta enquanto realiza as ações e suas falas são gravadas para posterior análise em conjunto com a captura da tela do computador. Esta técnica é considerada mais confiável do que solicitar respostas a questionários, onde é mais fácil ao usuário falsear uma resposta [51].

A Tarefa 1 foi cumprida por todos os estudantes, mas o requisito de utilizar *proxy* nas conexões à internet feitas no interior da UFU exigiu uma intervenção do avaliador para resolver problemas de acesso à rede.

No desenvolvimento da Tarefa 2, alguns estudantes reclamaram que alguns browsers não possuíam o *plugin Flash* instalado ou atualizado e, por esta razão, não era possível a visualização da imagem panorâmica do laboratório contendo os experimentos montado e desmontado e de um vídeo disponibilizado nas primeiras páginas do AVA. Alguns deles, diante dessa descoberta, instalaram, por decisão própria, o *plugin* necessário e retomaram a navegação pelo ambiente virtual sem problemas. Outros, indecisos, questionaram colegas próximos sobre o procedimento a ser tomado, obtendo recomendações para instalar o *plugin*. Posteriormente, também retomaram a navegação sem encontrar outros problemas nesta tarefa.

Embora todos tenham chegado a uma solução do problema, retomado e cumprido a Tarefa 2, torna-se necessária a existência de uma informação no AVA sobre este requisito e, talvez, um *link* para que o usuário baixe e instale esse aplicativo, caso seja necessário. A intenção é a de que o usuário não se desvie das atividades fins.

Como o erro é considerado como uma ação que não atinge a expectativa do usuário, esse problema da inexistência do *plugin* em alguns browsers enquadra-se nesta descrição e a componente *erros* manifestou-se nesta atividade.

Outro aspecto relacionado a componente *erros* foi detectado na realização da Tarefa 3, no momento em que o estudante deve acessar o Fórum para discutir sobre uma questão ali postada: como a página do Fórum não foi desenvolvida pelo grupo e utilizou-se de uma programação já existente, era necessário realizar um novo cadastramento para poder acessá-lo. Isso deu origem a dúvidas sobre como e porque realizar novamente um cadastramento. A solução é realizar a programação de um ambiente próprio para o Fórum, sem a necessidade de novo cadastramento.

As Tarefas 4, 5 e 7 foram realizadas sem qualquer registro que merecesse uma atenção especial; não apresentaram destaques negativos durante o desenvolvimento.

A Tarefa 6 trata-se do uso de um simulador com imagens reais dos equipamentos experimentais em que o usuário deveria realizar corretamente as conexões elétricas, de acordo com um esquema elétrico apresentado. Por ter um caráter semelhante a um jogo, com um alto grau de interatividade, demonstrou ser uma das partes mais atrativas do AVA para os estudantes. Entretanto, a prática da montagem do experimento por tentativa e erro predominou e, para evitar que o aluno realize a atividade sem refletir sobre como fazê-lo, torna-se necessário implementar um sistema de desestímulo a esse procedimento. Uma possibilidade é a inserção de mensagens a cada vez que o

aluno faça uma tentativa errada, sugerindo que ele consulte o esquema elétrico e tente novamente e/ou limitar a quantidade de vezes que ele pode tentar acertar uma conexão de forma aleatória. Embora os estudantes tenham demonstrado facilidade em utilizar o simulador, verificada pelos registros das capturas das telas dos computadores, as componentes *erro* e *satisfação* manifestaram-se claramente nesta atividade e ficaram evidenciadas tanto nas capturas de tela, quanto nas verbalizações.

Para atribuir permissões diferenciadas a professores/tutores e estudantes e criar um sistema de gerenciamento de manipulação do experimento por apenas um usuário, enquanto os demais observam em suas telas, foi criado um novo ambiente (ambiente de experimentação), que exige outro *login*. Assim, na Tarefa 7, após acessar o ambiente de experimentação, o professor pode alterar a permissão de controle do experimento entre os alunos que estão navegando naquele ambiente, de forma independente a quem estiver navegando nos demais ambientes do site.

VI. Conclusão

Dentre as diversas pesquisas desenvolvidas na área da Educação que apontam potenciais recursos para o processo de ensino e aprendizagem, os Laboratórios de Experimentação Remota surgem como algo novo e promissor, com tendência de se tornarem instrumentos de experimentação muito eficientes [51], mas que ainda precisam de uma quantidade maior de pesquisas sistemáticas sobre suas reais potencialidades, particularmente, na aprendizagem significativa em Física, pois “as aplicações das TICs em contextos educativos sugerem que os laboratórios realizados através do uso da Internet podem fornecer mais oportunidades para experiências de laboratório e melhorar o método de ensino” [53].

Neste trabalho, descrevemos a construção de um sistema para acesso e controle remoto de um experimento didático real e o desenvolvimento de um Ambiente Virtual de Aprendizagem no qual o experimento remoto está inserido. Foi constatado que o AVA necessita de melhorias relacionadas à usabilidade, em aspectos que não comprometem a sua utilização em um contexto de ensino formal, podendo contribuir para a realização de práticas experimentais inovadoras. Estes ambientes de aprendizagem são dinâmicos, razão pela qual necessitam submeter-se a avaliações periódicas, no sentido de terem suas fragilidades devidamente identificadas e superadas.

O desenvolvimento do AVA para a determinação experimental da razão carga/massa do elétron, além de resultar em um produto educacional acessível às escolas da educação básica, contribuiu, ainda, para o estabelecimento de trabalhos de pesquisa cooperativos entre estudantes de diferentes níveis da educação formal e pesquisadores com diferentes formações profissionais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto de Física da UFU pela cessão do aparato experimental, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro ao projeto.

Referencias

[1] M. Connors, C. Bredeson, F. Al-Shamali, “Distance Education Introductory Physics Labs: Online or In-Home?”. In J. C. Zúbia e G. R. Alves (Eds), “Using Remote Labs in Education: Two Little Ducks in Remote Experimentation, Bilbao: University of Deusto, 2011, pp. 309, 2011.

[2] M. Ozvoldová, M. Zovínová, “Remote experiments – the latest technologies in Physics classes”. Journal of Technology and Information Education, v.3, n.1, pp. 26, 2011.

[3] L. Tkác, F. Schauer, “Interative remote experimente as a parto f integrated e-learning”. Proceedings of Joint International IGP-SEFI Annual Conference 2010, 2010, disponível em //http://www.sefi.be/wp-content/papers2010/abstracts/284.pdf. Acessado em setembro 2014.

[4] S. B. Concari, S. T. Marchisio, “The Remote Laboratory as a Teaching Resource in the Scientific and Technological Training”, Creative Education, v. 4, n. 10A, pp. 33, 2013.

[5] H. A. Kofman, S. B. Concari, “Using Remote Lab for Physics Teaching”. In J. C. Zúbia e G. R. Alves (Eds), “Using Remote Labs in Education: Two Little Ducks in Remote Experimentation, Bilbao: University of Deusto, 2011, pp. 293, 2011.

[6] C. R. S de Oliveira, I. N. Oliveira, A. L. Pereira, H. L. dos Santos, “Um ambiente para a prática remota de aulas laboratoriais de Física (determinação da viscosidade de líquidos)”. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 17, n. 1, pp. 43, 2009.

[7] M. Ozvoldova, P. Cernansky, F. Lustig, F. Schauer, “Experience with Remote Physics Experiments in Student’s Laboratory”. Proceedings of International Conference on Engineering Education, p. 1, 2005.

[8] J. C. Álvarez, J. Lamas, A. J. López, A. Ramil, “An Arduino controlled chaotic pendulum for a remote physics laboratory”. Proceedings of Confference INTED2013, p. 6062, 2013.

[9] W. Dobrogowski, A. Maziewski, V. Zablotskii, “Remote teaching experiments on magnetic doomains in thin films”. European Journal of Physics, v. 28, pp. 71, 2007.

[10] L. Tkác, F. Schauer, “Interative remote experimente as a parto f integrated e-learning”. Proceedings of Joint International IGP-SEFI Annual Conference 2010, 2010, disponível em //http://www.sefi.be/wp-content/papers2010/abstracts/284.pdf. Acessado em setembro 2014.

[11] S. Dormido, J. Sánchez, L. de la Torre, R. Heradio, C. Carreras, J.P. Sánchez , M. Yuste, “Physics Experiments at the UNEDLabs Portal”. International Journal of Online Engineering, v. 8, n.1, pp. 26, 2012.

[12] F. Sievers Jr, J. S. E. Germano e F. Almeida, “A utilização do ambiente Weblab no Ensino Médio utilizando objetos de aprendizagem reais interativos – estudo de caso plano inclinado automatizado”. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2009. Disponível em: //http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1152/1055. Acesso em setembro de 2014.

[13] G. Alves, A. Marques, A. Paiva, P. Nogueira, P. Guimarães, R. Couto, L. Cherem, V. Borba, G. Ferreira, S. Koch, A, Pester, “Design state exploration applied to the development of a remote lab for projectile launch experiments”. International Journal of Online Engineering, v. 9, n. 3, pp. 55, 2013.

[14] S. Dormido, J. Sánchez, L. de la Torre, R. Heradio, C. Carreras, J.P. Sánchez , M. Yuste, “Physics Experiments at the UNEDLabs Portal”. International Journal of Online Engineering, v. 8, n.1, pp. 26, 2012.

[15] M. C. R. Pessanha1, S. G. Cozendey, M. O. Souza, “Desenvolvimento de uma ferramenta para o ensino de física experimental a distância”. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, n. 4, pp. 4503, 2010.

[16] S. Dormido, J. Sánchez, L. de la Torre, R. Heradio, C. Carreras, J.P. Sánchez , M. Yuste, “Physics Experiments at the UNEDLabs Portal”. International Journal of Online Engineering, v. 8, n.1, pp. 26, 2012.

[17] S. Dormido, J. Sánchez, L. de la Torre, R. Heradio, C. Carreras, J.P. Sánchez , M. Yuste, “Physics Experiments at the UNEDLabs Portal”. International Journal of Online Engineering, v. 8, n.1, pp. 26, 2012.

[18] S. Dormido, J. Sánchez, L. de la Torre, R. Heradio, C. Carreras, J.P. Sánchez , M. Yuste, “Physics Experiments at the UNEDLabs Portal”. International Journal of Online Engineering, v. 8, n.1, pp. 26, 2012.

[19] S. Dormido, J. Sánchez, L. de la Torre, R. Heradio, C. Carreras, J.P. Sánchez , M. Yuste, “Physics Experiments at the UNEDLabs Portal”. International Journal of Online Engineering, v. 8, n.1, pp. 26, 2012.

[20] S. Gröber, M. Vetter, B. Eckert, H-J. Jodl, “Experimenting from a distance—determination of speed of ligth by a remotely controlled laboratory (RCL)”. European Journal of Physics, v. 31, pp. 563, 2010.

[21] L. de la Torre, J. Sãnchez, S. Dormido, J. P. Sánchez, M. Yuste, C. Carreras, "Two web-based laboratories of the FisL@bas network: Hooke's and Snell's laws". European Journal of Physics, v. 32, pp. 571, 2011.

[22] F. Látal, R. Holubová, "Remote experiments – new approaches to physical experimentation". Proceedings of the Union of Scientists – RUSE, v. 7, n.5, pp. 73, 2010.

[23] M. Ozvoldova, P. Cernansky, F. Lustig, F. Schauer, "Experience with Remote Physics Experiments in Student's Laboratory". Proceedings of International Conference on Engineering Education, p. 1, 2005.

[24] W. Dobrogowski, A. Maziewski, V. Zablotskii, "Remote teaching experiments on magnetic doomains in thin films". European Journal of Physics, v. 28, pp. 71, 2007.

[25] S. B. Concari, S. T. Marchisio, "The Remote Laboratory as a Teaching Resource in the Scientific and Technological Training", Creative Education, v. 4, n. 10A, pp. 33, 2013.

[26] H. A. Kofman, S. B. Concari, "Using Remote Lab for Physics Teaching". In J. C. Zúbia e G. R. Alves (Eds), "Using Remote Labs in Education: Two Little Ducks in Remote Experimentation, Bilbao: University of Deusto, 2011, pp. 293, 2011

[27] S. B. Concari, S. T. Marchisio, "The Remote Laboratory as a Teaching Resource in the Scientific and Technological Training", Creative Education, v. 4, n. 10A, pp. 33, 2013.

[28] A. V. Fidalgo, G. R. Alves, M. A. Marques, M. C. Viegas, M. C. Costa-Lobo, U. Hernandez, J. Garcia-Zúbia, I. Gustavsson, "Adaptação de Laboratórios Remotos a Cenários de Ensino: Casos de Estudo com VISIR e RemotElectLab", VAEP-RITA, v. 1, n.2, pp. 135, 2013.

[29] H. A. Kofman, S. B. Concari, "Using Remote Lab for Physics Teaching". In J. C. Zúbia e G. R. Alves (Eds), "Using Remote Labs in Education: Two Little Ducks in Remote Experimentation, Bilbao: University of Deusto, 2011, pp. 293, 2011.

[30] S. Dormido, J. Sánchez, L. de la Torre, R. Heradio, C. Carreras, J.P. Sánchez , M. Yuste, "Physics Experiments at the UNEDLabs Portal". International Journal of Online Engineering, v. 8, n.1, pp. 26, 2012.

[31] S. Khachadorian e P. Vries, "Deployment of Remote Experiments". Proceedings of IEEE EDUCON Education Engineering 2010 – The Future of Global Learning Engineerign Education, pp. 1065, 2010.

[32] S. Dormido, J. Sánchez, L. de la Torre, R. Heradio, C. Carreras, J.P. Sánchez , M. Yuste, "Physics Experiments at the UNEDLabs Portal". International Journal of Online Engineering, v. 8, n.1, pp. 26, 2012.

[33] Y. Tetour, T. Richter, D. Boehringer, "Integration of virtual and remote experiments into undergraduate engineering courses". Frontiers in Education Conference (FIE), p. GOLC1-1, 2011

[34] J. B. Silva, W. Rochadel, J. P. S. Simão e A. V. S. Fidalgo, "Uso de dispositivos móveis para acesso a experimentos remotos na Educação Básica". *VAEP-RITA,* v. 1, n. 2, pp. 129, 2013.

[35] S. Gröber, M. Vetter, B. Eckert, H. Jodl, "Experimenting from a distance—remotely controlled laboratory (RCL)". European Journal of Physics, v. 28, n. 3, pp. S127, 2007.

[36] F. Látal, R. Holubová, "Remote experiments – new approaches to physical experimentation". Proceedings of the Union of Scientists – RUSE, v. 7, n.5, pp. 73, 2010.

[37] F. Látal, R. Holubová, "Remote experiments – new approaches to physical experimentation". Proceedings of the Union of Scientists – RUSE, v. 7, n.5, pp. 73, 2010.

[38] F. Látal, R. Holubová, "Remote experiments – new approaches to physical experimentation". Proceedings of the Union of Scientists – RUSE, v. 7, n.5, pp. 73, 2010.

[39] F. Látal, R. Holubová, "Remote experiments – new approaches to physical experimentation". Proceedings of the Union of Scientists – RUSE, v. 7, n.5, pp. 73, 2010.

[40] J. Santos, J. Augusto, A. Gomes, L. Gurriana, N. Lourenço, A. Maio, C. Marques, J. Silva1, "The CRESCERE Muon's Lifetime Experiment". Current Developments in Technology-assisted Education, p. 1322, 2006.

[41] S. Dormido, J. Sánchez, L. de la Torre, R. Heradio, C. Carreras, J.P. Sánchez , M. Yuste, "Physics Experiments at the UNEDLabs Portal". International Journal of Online Engineering, v. 8, n.1, pp. 26, 2012.

[42] F. Caruso e V. Oguri, *Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos*. São Paulo, SP: Elsevier, 2006

[43] M. A. Cavalcante, C. R. C. Tavolaro, and E. Molisani, "Physics with Arduino for beginners". *Rev. Bras. de Ensino de Física*, v. 33, n. 4, pp. 4503, 2011.

[44] A. R. de Souza, A. C. Paixão, D. D. Uzêda, M. A. Dias, S. Duarte, and H. S. Amorim, "The Arduino board: a low cost option for physics experiments assisted by PC". *Rev. Bras. de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, pp. 1702, 2011.

[45] Arduino. *Arduino and Processing*. Avaliable at http://playground.arduino.cc/interfacing/processing.

[46] L. C. M. Silva, W. M. S. Santos and P. M. C. Dias, "A carga específica do elétron. Um enfoque histórico e experimental". *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, pp. 1601-1,1601-7, 2011.

[47] J. Nielsen. *Usabilidade na web: projetando websites com qualidade*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

[48] W. M. Someren, F. Y. Barnard, and A. C. J. Sandberg.*The Think Aloud Method. A practical guide to modeling cognitive process*. London: Harcourt, Brace & Company, 1994.

[49] A. Baldo, "Protocolos verbais como recurso metodológico: evidências de pesquisa". Horizontes de Linguística Aplicada, ano 10, n.1, pp. 152, 2011.

[50] Wisdom. *AutoScreenRecorder*. Available at http://www.wisdom-soft.com/products/autoscreenrecorder_free.htm

[51] J. Nielsen. *The use and misuse of focus groups*. Available at http://www.nngroup.com/articles/focus-groups/

[52] M. A. Mendes, F. A. P. Fialho, "Experimentação Tecnológica Prática a Distância", in *Congresso Internacional de Educação a Distância*, Florianópolis, 2005.

[53] M. Omid, S. M. Sajjadiye, R. Alimardani, "Remote Monitoring and Control of Horticultural Cool Storage Over the Internet". *Computer Applications in Engineering Education*, 2008.



Eduardo Kojy Takahashi é Doutor em Física pela Universidade de São Paulo (1988), Mestre em Ciênciaspela Universidade de São Paulo (1982) e bacharel em Física pela USP (1979). Atualmenteé Professor Titular da UniversidadeFederal de Uberlândia (UFU),estando vinculadoao Programa de Pós-graduação emEducação e ao Mestrado Profissional
em Ensino de Ciências e Matemática, ambos da UFU.É lider do Núcleo de Pesquisa em TecnologiasCognitivas (Nutec) e desenvolve pesquisassobre formação de professores, ensino de Física em espaçosformais e não formais etecnologias da informação e comunicação no ensino de Física.



Dayane Carvalho Cardoso é Especialista em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Uberlândia (2010) e licenciadaem Física pela UFU (2007). É componente do Nutec, onde desenvolve pesquisas sobre resolução de problemas em Física e metodologias de ensino de Física mediadas por tecnologias. Atualmente realiza o Mestrado em Ensino de Ciências e Matemáticana UFU em experimentação remota e resolução de problemas no ensino de Física.



Hermes Gustavo Fernandes Neri é graduando em Física na Universidade Federal de Uberlândia, técnico em eletrônica, bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) ecomponente do Nutec,onde desenvolve pesquisas sobre tecnologias no ensino de Física.



Rener Martins Moura é graduando em Física na Universidade Federal de Uberlândia, técnico em eletrônica etelecomunicações, com conhecimentos em robótica e automação industrial e componentedo Nutec, onde desenvolve pesquisas sobre tecnologias no ensino de Física.



Rubens Gedraite é Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2005), Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1999) e Engenheiro Químico pelo Centro Universitário da FEI (1981). Atualmente é professor adjunto na Faculdade de Engenharia Quimca da Universidade Federal de Uberlândia, possui conhecimentos em automação de processos idustriais e é membro do Nutec, onde desenvolve pesquisas sobre controle automático, sistemas digitais de controle etecnologias no ensino de Física e Engenharia.



Adilmar Coelho Dantas é graduado em Sistemas para Internet pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2013). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Computação, atuando principalmente nos seguintes temas: experimentação remota, tecnologias assistivas, inteligência artificial e automação Arduino. Atualmente é aluno do programa de Pós-graduação em Ciência da Computação na Universidade Federal de Uberlândia (UFU) na linha de pesquisa Inteligência Artificial.



Maycon Junio Pereira Pacheco é estudante de escola pública do Ensino Médio e estudante do curso técnico de redes de computadores no Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM). Tem experiência na área de programação, robótica e automação. É bolsista de iniciação científica júnior da Universidade Federal de Uberlândia.



Pedro Henrique Borges é estudante de escola pública do Ensino Médio. Possui conhecimentos de programação e é bolsista de iniciação científica júnior da Universidade Federal de Uberlândia.

VAEP-RITA es una publicación lanzada por el Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE (CESEI). Nuestro agradecimiento a los apoyos recibidos desde el año 2006 por el Ministerio Español de Educación y Ciencia a través de la acción complementaria TSI2005-24068-E, el Ministerio Español de Ciencia e Innovación a través de la acciones complementarias TSI2007-30679-E, y TIN2009-07333-E/TSI. Gracias también a la Universidade de Vigo por el apoyo en esta nueva etapa.

VAEP-RITA es una publicación de la Sociedad de Educación del IEEE, gestionada por su Capítulo Español y apoyada por la Universidade de Vigo, España.

VAEP-RITA é uma publicação da Sociedade de Educação do IEEE, gerida pelo Capitulo Espanhol e apoiada pela Universidade de Vigo, España.

VAEP-RITA is a publication of the IEEE Education Society, managed by its Spanish Chapter, and supported by the Universidade de Vigo, España.